This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

1837
ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1883

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1883

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1883

N° 7

Pendant le mois de juillet, la Société a traité les questions suivantes :

1° *Exposition d'Amsterdam* (*Membres du Jury de l'*) (séance du 6 juillet, page 8).

2° *Statique principale, application du principe des Vitesses Virtuelles* par M. Piarron de Mondésir (séance du 6 juillet, page 8).

3° *Chemin de fer Métropolitain de Paris, de New-York et San-Francisco* (*Discussion sur le*) (séances des 6 et 20 juillet, pages 9 et 33).

4° *Statistique des Mineurs*, par M. Georges Salomon (séance du 20 juillet, page 27).

5° *Ascenseurs hydrauliques pour canaux*, par M. Seyrig (séance du 20 juillet, page 29).

6° *Mer intérieure* par M. Hauet (séance du 20 juillet, pages 32 et 110).

Pendant le mois de juillet, la Société a reçu :

De M. Paur, membre de la Société, 1° nomenclature et classification des *matériaux fer et acier ;* 2° nomenclature et classification des *matériaux d'éléments hydrauliques ;* 3° règles pour la nomenclature, la

163368

classification et les essais des *matériaux, éléments hydrauliques;* 4° règles pour la nomenclature, la classification et les essais des *matériaux fers et aciers;* 5° classification des éléments employés à la *préparation des mortiers;* 6° spécifications spéciales pour les *matériaux pour les chaudières à vapeur* et pour les *chemins de fer;* 7° spécifications pour les *matériaux employés pour ponts et charpentes métalliques;* 8° règles pour la fabrication et l'emploi des *briques;* 9° rapport au sujet de l'adoption d'une *brique normale suisse;* — toutes ces brochures sont des publications de la Société suisse des Ingénieurs et Architectes. — 10° catalogue officiel de l'*Exposition nationale suisse de Zurich;* 11° catalogue spécial du groupe 18, *matériaux de construction;* 12° *Plan de l'Exposition de Zurich.*

De M. Berlier, membre de la Société, un exemplaire de son projet de *Vidange pneumatique pour la ville de Paris.*

De M. Poirrier, membre de la Société, des exemplaires de son rapport présenté à la Chambre de commerce de Paris au nom de la Commission, des *Transports sur les Tarifs des chemins de fer.*

De M. Delfosse, membre de la Société, une note sur la *Direction dans les Usines et Manufactures.*

De M. Baudson, membre de la Société, un exemplaire de ses *Études préliminaires et définitives, Projets et construction des chemins de fer, connaissance, recherche et essais des Matériaux.*

De M. Verrine, membre de la Société, un exemplaire de son *Guide du Niveleur.*

De MM. de Salis et Alfred Tresca, un exemplaire de leur rapport sur les *Expériences faites sur les machines à élever l'eau destinée à des usages agricoles* (Société des agriculteurs de France).

De M. Wilhelm Ritter Von Flattich, architecte, et de M. Wilhelm Von Prangen, ingénieur, un exemplaire de leur étude sur le *Chemin de fer Métropolitain de Vienne* (*Autriche*).

De M. Bertrand, membre de la Société, un exemplaire de la *Statistique Minéralogique et Géologique du département des Ardennes* (1842).

De M. Pontzen, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur l'*Application des chemins de fer économiques à l'achèvement du réseau des chemins de fer français.*

De M. Barrault, membre de la Société, un exemplaire d'un tableau

relatif aux *Dessins annexés aux demandes de brevets d'invention dans les États principaux.*

De M. Georges Salomon, membre de la Société, un exemplaire du n° de juin du *Journal de la statistique de Paris.*

De M. le Ministre des Travaux publics, un exemplaire des *Documents statistiques relatifs à l'établissement et à l'exploitation des chemins de fer français d'intérêt général, années* 1874 *et* 1875.

De M. Alfred Dupont, inspecteur général des mines, en retraite, des exemplaires : 1° de son mémoire sur les *Propositions de loi concernant les Prudhommes mineurs et délégués mineurs ;* 2° de son mémoire sur la *Proposition de loi concernant l'hygiène et la sécurité du travail dans les manufactures, usines, mines, chantiers et ateliers ;* 3° du mémoire de M. Vier sur la *Proposition concernant les commissions d'arbitrage ou de conseils de Prudhomme en matière de mines.*

De M. Ivan Flachat, membres de la Société, un exemplaire de *Projets d'un chemin de fer de Paris à Rouen, au Havre et à Dieppe par la vallée de la Seine* (1836 Compagnie Riant) et un exemplaire de l'album représentant le *Chantier de Sangatte*, chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Bonnefond,	présenté par	MM. Carimantrand, Lévi et Marché.
	Fréminville (de),	—	Audenet, Lévi et Marché.
	Henry,	—	Ch. Bourdon, Hersent et Seyrig.
	Letaud,	—	Ivan Flachat, Mouchelet et des Tournelles.
	Rubé,	—	Arnoult, Corpet et Monjean.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1883

Séance du 6 Juillet 1883.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à neuf heures.

Le procès-verbal de la séance du 15 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Arnoult, Daret-Derville et Demeule.

Il annonce que M. V. Piccoli, membre de la Société, vient d'être nommé Officier de l'Ordre Royal de Saint-Michel de Bavière.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, vous avez vu, par le *Journal officiel*, que le jury français pour l'Exposition d'Amsterdam avait été nommé. Parmi ses membres, un certain nombre appartiennent à la Société des Ingénieurs civils, ce sont : MM. Blanche, Chabrier, Geneste, Grimault, Lecœuvre, Lemonnier (Paul), Marché, Ménier (Henri), Péligot (Henri) et Périssé (S.), comme membres titulaires, et MM. Bourdon, Ed. de Coene, Halphen (Edmond), Jeantaud et Servier comme membres suppléants.

M. PIARRON DE MONDÉSIR donne communication de la deuxième partie de son *Mémoire sur le principe des vitesses virtuelles*.

La première partie a été exposée dans la séance du 21 juillet 1882. Elle comprenait exclusivement une démonstration nouvelle du théorème des vitesses virtuelles, fondé sur le grand principe moderne de la conservation du travail transformé.

Dans la seconde partie de son travail, l'auteur s'est proposé de faire ressortir, soit de l'équation générale $So = S$, soit de l'équation $\Sigma P p = \Sigma R r$, qui s'en déduit, les conditions d'équilibre des principaux appareils de la statique.

L'auteur applique successivement ces équations :

1° A l'appareil du levier, qui ne comporte qu'une seule condition d'équilibre;

2° Au système de trois forces concourant en un même point dans l'espace, et dont l'équilibre comporte deux conditions;

3° Au système de trois forces parallèles, appliquées sur une tige droite et rigide, et dont l'équilibre comporte deux conditions;

4° A l'équilibre d'une chaîne pesante et homogène, qui se développe sur deux plans inclinés, équilibre dont la condition est unique;

5° A l'équilibre du treuil, condition unique;

6° A celui de deux moufles, dont l'un est fixe et l'autre mobile;

7° A celui de la vis, condition unique;

8° A l'équilibre de la balance de Roberval, appareil considéré pendant longtemps comme un paradoxe statique, condition unique.

M. le Président remercie M. Piarron de Mondésir de sa communication, et l'ordre du jour appelant la suite de la discussion sur le Métropolitain de Paris, il regrette l'absence de M. Mékarski qui avait commencé à donner, dans la dernière séance, quelques explications relatives aux difficultés d'aérage des tunnels du Métropolitain souterrain, et avait promis d'entretenir la Société du mode de traction à adopter.

M. Léon Francq. A la dernière séance, M. Mékarski, en traitant la question de la ventilation du Métropolitain souterrain est arrivé à conclure qu'il faudrait, si l'on faisait l'emploi des machines ordinaires, extraire 10 mètres cubes d'air par seconde par chacune des cheminées qui seraient distantes l'une de l'autre de 100 mètres seulement, et que si le Métropolitain devait être exploité au moyen de vapeur, il serait inutile de chercher à supprimer la combustion.

C'est une conclusion qui repose sur des chiffres et des énonciations inexacts, et qui se dégage sans considération des lois qui président ordinairement à la ventilation spontanée des galeries souterraines.

Sans vouloir interrompre la description des moyens que M. Mékarski se propose d'indiquer pour écarter, à moins de frais, des difficultés qui n'existent réellement pas pour les machines à vapeur sans foyer, M. Francq fera quelques rectifications indispensables à la continuation du débat.

Les machines à vapeur sans foyer ne dépensent pas, à puissance égale, plus de vapeur que les locomotives ordinaires; l'expérience a prouvé le contraire. Cette dépense est estimée à 70 et non 100 kilogrammes par kilomètre; il y a donc une première erreur de 30 pour 100 à corriger dans la démonstration faite par M. Mékarski.

D'autre part, les locomotives sans foyer, du type employé en plein air, possèdent un condenseur à surface, dont l'action a été entièrement négligée. Par ce moyen, sur une machine du Métropolitain on pourrait condenser au moins 40 kilogrammes de vapeur sur 70. Il a été commis par

conséquent une deuxième erreur qui constitue, avec la première, un écart de 70 pour 100 dans l'hypothèse d'une condensation partielle.

Mais il ne s'agit pas d'une condensation partielle.

Les machines sans foyer étudiées en prévision du service à faire sur le Métropolitain de Paris sans dépasser 42 tonnes de poids en service, comme à Londres, pourront recevoir des appareils de condensation assez énergiques pour absorber *complètement* la vapeur dépensée sur la plus grande longueur admise en souterrain, et des récipients à eau chaude suffisants pour accomplir le plus long parcours prévu au projet adopté par le Conseil municipal de Paris. Les critiques dirigées contre l'emploi des machines à vapeur sans feu restent donc absolument sans effet. J'affirme, en outre, que ces machines ne donneront ni chaleur, ni gaz délétères ou irrespirables, ni vapeur capable de troubler la fonction de l'organisme humain. Dès lors, elles n'exigeront pas de dépenses élevées pour assurer une ventilation convenable, au delà de ce que pourrait nécessiter l'emploi de l'air comprimé.

L'acide carbonique apporté par les voyageurs en circulation, et les gaz produits par les appareils d'éclairage et de chauffage ou autrement, auront une tendance bien naturelle, en raison de leur lourdeur, à rester dans la galerie souterraine du Métropolitain. Ce n'est pas l'air comprimé s'échappant à basse température, à densité élevée, qui pourrait, en se mélangeant aux gaz à évacuer, déterminer une densité du mélange moins grande que celle de l'air extérieur, capable de favoriser par ascension le départ de l'air vicié. Il n'y a que la vapeur d'eau qui puisse, dans une mesure convenable, à régler à volonté, en raison de sa faible densité, assainir l'atmosphère souterraine.

Comme on le voit, M. Francq est loin de l'opinion exprimée par M. Mékarski. Il reviendra d'ailleurs sur ce sujet si sa communication du 6 octobre dernier doit être complétée.

Avant de terminer, il fait observer qu'en calculant le volume d'air à extraire du souterrain M. Mékarski s'est exposé à commettre de grosses erreurs. Il n'a pas tenu compte, en effet, de l'importance de la ventilation qui se produira par le mouvement des trains, par les dénivellations du profil de la galerie souterraine, combinées avec les dispositions spéciales à prendre pour favoriser l'entrée de l'air extérieur et la sortie de l'air vicié en toute saison; l'action énergique que possède la vapeur en raison de sa densité dans la ventilation spontanée des galeries souterraines a été totalement négligée.

La ventilation du souterrain sera provoquée par des causes qu'il faut prendre en considération. S'il est difficile d'en indiquer numériquement l'importance, il n'est pas contestable, en tous cas, que cette ventilation sera suffisante pour assurer le renouvellement de l'air qui ne serait pas altéré par des locomotives à feu.

En résumé, s'il est vrai que l'emploi des locomotives à vapeur avec feu donnera lieu à des difficultés sérieuses d'exploitation, et peut créer un

obstacle au développement naturel de la circulation des voyageurs, il demeure également établi que la locomotive à vapeur sans feu pourra réaliser, sans produire les mêmes inconvénients, la traction du chemin de fer Métropolitain en souterrain. Sans aller jusqu'à dire que cette locomotive est seule capable d'atteindre le but, il sera démontré qu'elle l'atteindra avec la plus grande économie.

Il ne suffit pas d'échapper aux inconvénients graves des machines à feu et d'écarter les dépenses considérables qui seraient nécessaires pour assurer une ventilation énergique; encore faut-il que les moyens de traction à substituer aux locomotives ordinaires ne soient point une autre cause de dépenses énormes qu'on peut certainement éviter dans l'installation comme dans l'exploitation du chemin de fer projeté dans Paris.

En terminant sa réponse à M. Mékarski, M. Francq dit qu'il espère revenir sur la question du Métropolitain, lorsqu'aura lieu la discussion sur les différents moyens de traction susceptibles d'être employés.

M. LE PRÉSIDENT est d'avis qu'il faut attendre, avant de discuter la question de traction, que M. Mékarski ait fini d'exposer ses idées, car dans la dernière séance il n'a fait qu'amorcer la question et indiquer quelques chiffres.

M. LENCAUCHEZ. Depuis bientôt deux ans que la question du Métropolitain est à l'ordre du jour, elle a donné lieu à de nombreuses discussions auxquelles mes voyages ne m'ont pas permis de prendre part. Je demanderai s'il m'est permis de parler aujourd'hui du Métropolitain de New-York, que j'ai vu fonctionner et sur lequel je possède quelques documents. Je crois que le système employé à New-York serait parfaitement applicable à Paris, car cette application n'est pas aussi difficile que l'on est disposé à le croire. Si je pensais que cela puisse intéresser la Société, je pourrais en dire quelques mots.

M. LE PRÉSIDENT. J'avais justement fait remarquer, dans une séance précédente, que nous possédions des renseignements sur les Métropolitains de Londres, de Vienne et de Berlin, mais que nous n'avions rien sur celui de New-York. Nous serons donc très heureux d'entendre la communication de M. Lencauchez.

M. LENCAUCHEZ. A New-York, on n'a pas cherché à relier les gares des grandes lignes entre elles, comme dans le projet de M. Haag, au moyen d'un Métropolitain; on a pensé qu'un Métropolitain devait être, avant tout, un omnibus à vapeur, et, dans les études qui ont été faites, on a compris qu'un matériel aussi lourd que le matériel des grandes lignes ne pourrait marcher avec une facilité assez grande pour satisfaire aux besoins et aux exigences d'un trafic d'omnibus; par conséquent, à New-York, le matériel est léger et la voie est étroite. Elle n'a pas $1^{m},51$ de largeur d'axe en axe des rails.

Les gares de grandes lignes sont bien dans le voisinage du Métropolitain, mais le matériel ordinaire des chemins de fer ne peut suivre ses lignes.

Quant aux dispositions prises pour ne pas encombrer la voie, inconvénient qui semble effrayer beaucoup les Parisiens, elles ne sont pas considérables. Ainsi, dans les rues, partout où se trouvent des tramways à deux voies, on pose des colonnes de 6 à 7 mètres de hauteur, puis ces colonnes reçoivent des poutres qui forment longrines, et sur ces poutres sont établis les rails; il y a des entretoises placées de 2 mètres en 2 mètres, et cette installation n'enlève ni l'air, ni la lumière; la voie n'est pas parquetée, il n'en résulte par conséquent aucune gêne.

Les locomotives sont à huit roues; dont quatre sont accouplées, puis elles possèdent un bogie, porteur sous les caisses à eau et à coke, ou arrière-train articulé à quatre roues, qui peut se mouvoir facilement (comme dans certaines locomotives du Nord-Français) dans une glissière, de façon qu'il soit possible de passer dans des courbes de 25 mètres de rayon.

Les voitures sont à cent places et n'ont pas d'impériales. Il y a quatre voitures pour chaque train, soit 400 places.

Pour faciliter le passage dans les courbes, les arrière et avant-trains articulés sont réunis par une barre rigide, contrairement à ce qui se fait pour les grandes lignes, où il y a un très mauvais attelage, faisant tampon à cloche et barre de traction sans élasticité, mais heureusement que les démarrages sont rares, les arrêts n'étant pas fréquents, puisqu'il faut souvent parcourir 40 kilomètres avant de rencontrer une station sur ces grandes lignes.

Or s'il fallait faire un service, comme celui du bois de Boulogne ou de Saint-Cloud avec un tel matériel, ce serait impraticable.

On a songé à atteler les bogies l'un à l'autre; de cette façon, lorsque la machine marche à une grande vitesse, il n'y a pas de choc au moment des arrêts les plus rapides, ni lorsque le train se met brusquement en marche. D'un autre côté, il y a un frein à vide Eames, qui relie toutes les voitures entre elles, et lorsque le mécanicien fait agir son frein il n'y a pas de tamponnement, puisque le train tout entier forme une ligne pour ainsi dire inextensible, quoique déformable polygonalement dans les courbes.

Au point de vue de l'exploitation, pour que les voyageurs puissent monter et descendre rapidement, les deux plates-formes qui se touchent ont un conducteur, ou plutôt un gardien, et, lorsqu'on arrive en face d'une station, le gardien ouvre les deux grilles qui ferment les plates-formes et qui sont à hauteur d'homme; elles ont 1m,70 de hauteur environ.

Ces voitures n'ont pas de marchepieds, par conséquent il n'y a aucun danger de voir les voyageurs chercher à s'y accrocher. Dans les stations, le quai se trouve à hauteur des plates-formes, de sorte qu'au moment où on ouvre les deux grilles, les voyageurs peuvent monter ou descendre très rapidement. Il n'y a pas de sifflet; chaque gardien après avoir fermé sa grille, tire une corde ficelle pour donner un coup de timbre; au troisième coup le mécanicien reprend sa marche, de sorte que, pour faire descendre 25 ou 30 voyageurs, on ne met pas plus de temps que pour faire monter une bonne femme dans un omnibus de Paris.

Les machines sont du poids de 18 à 20 tonnes ; elles marchent à une vitesse moyenne de 30 kilomètres à l'heure. Les arrêts et les démarrages sont très rapides; on peut admettre que la vitesse de marche utile est de 20 kilomètres à l'heure, avec des arrêts distants de 350 à 500 mètres environ.

Au point de vue de l'exploitation, il y a quelque chose de très ingénieux à signaler, pour la marche rapide des trains. Les stations sont fort élégantes, elles ont la forme de kiosques, comme le bureau des omnibus de la place de la Concorde; elles sont aussi élevées que la voie et se trouvent perchées sur des colonnes comme celle-ci; on y parvient au moyen d'escaliers, de telle sorte qu'elles ne gênent en aucune façon la circulation des voitures. Lorsqu'un voyageur arrive, il prend son ticket et passe devant une porte où se trouve une urne de $1^m,20$ de hauteur, contenant 8 ou 10 plans inclinés en cristal ou verre; le voyageur doit mettre son ticket dans un entonnoir qui surmonte l'appareil et on voit le billet cascader 8 à 10 fois avant de tomber dans un réceptacle, que l'on vide tous les jours[1]. Lorsque le voyageur passe sur le quai, il n'a plus de billet, il peut prendre le premier train qui passe, se dirigeant dans sa direction; s'il va à une gare de bifurcation où il a besoin de changer de voiture, il a droit à la correspondance. Il n'a aucun billet, mais comme pour être sur le quai il a dû payer on ne l'inquiète pas. Un mauvais plaisant pourrait se promener ainsi pendant toute une journée dans New-York sans rien payer; mais comme il ne pourrait descendre et remonter sans payer à nouveau, il ne pourrait rien faire d'utile pour lui; en résumé, au point de vue exploitation, le voyageur prend son billet, le met dans l'urne et, toutes les deux minutes, il a un train à sa disposition, ce qui fait un train par minute sur les deux voies pour aller dans la direction qui lui convient.

Dans le chemin aérien de New-York il n'y a qu'une classe comme dans nos omnibus, le service étant le même; mais, à 24 kilomètres au lieu de 8 kilomètres utiles à l'heure, ce qui fait que dans un même temps le Métropolitain de New-York transporte $400 \times \frac{24}{8} = 1,200$ voyageurs au lieu de 50 comme nos grandes voitures de tramways; c'est une puissance de désencombrement $\frac{1,200}{50} = 24$ fois plus considérable.

Les frais d'installation ne sont pas considérables.

Quant aux dommages causés aux voisins, M. Lencauchez est d'avis qu'à Paris, dans les grandes avenues, comme le boulevard Saint-Michel, le boulevard de Sébastopol, le boulevard Magenta on ne rencontrera aucune difficulté : mais que lorsqu'il faudra se raccorder par des rues moins larges, comme la rue Saint-Denis ou la rue Saint-Martin, par exemple, les deux voies couvriront complètement la chaussée et le voisinage sera alors incommode,

1. Un gardien-portier ne laisse passer les voyageurs qu'autant qu'il a vu leurs billets cascader.

heureusement que cette partie du tracé, où réellement un dommage pourra être causé, ne représente pas plus de 8 à 10 pour 100 du tracé total. Ainsi qu'à New-York. Dans cette ville les tribunaux n'ont pas fait droit aux réclamations des plaignants; mais il n'en serait pas de même ici, et si l'on était amené à faire un chemin de fer aérien, à Paris, il n'y aurait rien de plus simple que d'avoir recours à l'expropriation, si, sur 50 kilomètres, on n'avait que 5 ou 6 kilomètres d'expropriation à faire, pour ne pas causer de dommages aux voisins, ce ne serait pas une dépense considérable; car on mettrait peut être 15 ans pour faire ces 50 kilomètres en réservant, en dernier lieu, la partie présentant le plus de difficultés en ce qui concerne les expropriations, de sorte que M. Lencauchez ne voit pas du tout le moindre inconvénient à ce qu'on adopte un tracé qui peut s'appliquer pour commencer et avec succès sur nos boulevards extérieurs.

M. Lencauchez présente encore quelques observations au sujet de la fumée et des projections d'eau et de vapeur, inconvénients qui avaient pendant quelque temps, arrêté beaucoup d'ingénieurs.

Eh bien, il y a dix ans, il a eu l'occasion d'en dire quelques mots, lorsque M. Mékarski s'est occupé pour la première fois des locomotives à air comprimé; à cette époque là, il n'avait pas bien compris le projet de l'auteur qui selon lui n'avait fait que copier, M. Tessié du Motay.

Dans le projet de M. Tessié du Motay *on trouve tout ce que M. Mékarski a fait depuis, sauf la bouillotte*, que M. Tessié avait remplacée par un poêle réchauffeur. Cependant il y a un avantage qui est le même dans les les deux systèmes, c'est d'avoir une voiture unique qui n'a pas besoin de remorqueur, et qui est en même temps voiture et locomotive, avantage dont M. Lencauchez n'avait pas compris la haute importance quand il s'est agi seulement de remplacer la traction animale; quand on peut appliquer ce système, comme à Nantes, il croit qu'il y a avantage à l'adopter. Mais dès qu'il y a trois ou quatre voitures américaines ou sept à huit voitures françaises à remorquer, la voiture de tête devant avoir une provision d'air suffisante pour en traîner plusieurs autres, deviendrait alors locomotive elle-même.

En ce qui concerne la fumée, il est d'avis qu'en brûlant du coke ou de l'anthracite, comme à New-York, la fumée n'est pas possible.

Il est vrai de dire que l'échappement de vapeur reste; mais pour lui, il n'y trouve aucun inconvénient, quant aux échappements d'eau chaude de vapeur et d'escarbilles, il y a longtemps, à New-York, qu'il n'existe plus, car on a établi des boîtes de décharges, des purges diverses que l'on vidange dans les stations terminus. Le cendrier est à triple galerie grillé et disposé de façon à s'opposer complètement au passage de la lumière et des escarbilles, aussi ne voit-on *jamais rien tomber* sur la voie publique. Le chemin de fer de New-York répond aux besoins de circulation de la ville et suffit au service omnibus pour lequel il est fait.

Le chemin étant aérien, le voyageur voit où il va; il se rend compte de l'endroit où il est. M. Lencauchez doute, qu'à Paris, quand il sera à 20 mètres sous terre, dans le Métropolitain souterrain, il saura aussi bien

où il va, où il est et où il doit descendre, et il se demande si l'on ne se trompera pas à chaque instant, car il ne s'explique pas comment 400 voyageurs sous terre et toutes les deux minutes pourront s'accommoder de l'exploitation souterraine.

A New-York, tout va dans la perfection. Nous autres Européens, quand nous y arrivons, nous avons une opinion faite; nous entendons dire, avant notre départ et sur le paquebot que c'est incommode, que c'est défectueux; on arrive donc avec des idées faites à l'avance et préconçues : le premier jour on est étonné, on critique; le second jour, on trouve que cela ne va pas trop mal; et le troisième jour, on finit par trouver que les Américains ont raison.

J'ajouterai que, sous ces chemins de fer aériens, il y a des tramways comme à Paris; ils y étaient avant et ils y sont restés; ils continuent à marcher, et leurs recettes n'ont pas baissé, de sorte qu'on a des tramways au rez-de-chaussée, et, au premier étage, le Métropolitain.

Il y a huit ou dix jours que M. Lencauchez était à Saint-Étienne, il y a remarqué aussi des tramways à vapeur à voie étroite; les locomotives remorquent des trains de 3, 4 et même de 5 voitures à la vitesse de 25 à 30 kilomètres, hors la ville, mais, dans la ville, la marche ne doit pas dépasser 10 kilomètres, quoique souvent les mécaniciens lancent leurs machines à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure.

A Saint-Étienne, certaines machines sont à condenseur par surface; cet appareil se compose d'une galerie à double ou à triple rangée de tubes en fer, placés à l'air et horizontalement sur le ciel ou couverture de la locomotive; par temps sec, on ne voit pas la plus petite trace d'échappement, car il y a 70 pour 100 de condensation; il ne sort pas de fumée par la cheminée, puisqu'on brûle du coke dans les foyers des locomotives de cette ville.

A Saint-Étienne aussi les machines sans condenseur par surface semblent satisfaire le public aussi bien que les précédentes. En tous cas, l'exploitation se fait indistinctement et très bien avec les deux types de machines. Les trains moyens sont de 3 à 4 voitures qui toutes possèdent des couloirs comme en Suisse.

M. Lencauchez croit aussi que les Américains ont pris la bonne méthode en adoptant des voitures sans impériale, très longues et très légères, avec des grandes plates-formes, les rendant solidaires.

M. le Président a lu dans des documents officiels relatifs au projet de chemin de fer aérien, que jamais la population parisienne ne s'habituerait au bruit de ferraille que produirait une construction métallique au-dessus de la voie publique. Il demande donc si cet inconvénient se produit à New-York.

M. Lencauchez. Cet inconvénient se produit, en effet, mais on n'y pense pas. Ce n'est pas précisément un bruit de ferraille que le passage du train produit, il n'est pas semblable à celui qui se produit et que l'on

entend lorsqu'on se trouve sous un pont métallique lors du passage d'un train. Les ponts que l'on construit en France sont complètement couverts; mais, comme à New-York, il n'y a que deux rails reposant sur des longrines, on n'entend pas un bruit sourd comme sous un viaduc; et en tous cas, il n'est pas considérable, et personne ne s'en plaint; du reste à Paris on entend très bien rouler sur le pavé les lourdes voitures chargées de pierres, de même que les omnibus au grand trot. De même à New-York *le bruit de la rue n'est pas augmenté.*

M. Forest. Ne pourrait-on remédier à cet inconvénient en mettant sous les rails une substance élastique qui amortisse le bruit dans une certaine proportion?

M. le Président fait remarquer que le bruit est causé par la vibration du viaduc métallique sur lequel roulent les trains.

M. Lencauchez dit qu'en effet il existe un bruit de roulement; mais il ne croit pas qu'on puisse le faire disparaître, en tout cas ce bruit de roulement d'un train marchant à une vitesse de 40 kilomètres n'est pas plus considérable que celui d'un camion de Paris, passant, au trot, sur le pavé de cette ville. Mais à New-York, où le mouvement est encore plus grand qu'à Paris, personne ne songe à cela, ni les gens, ni les animaux; les chevaux ne sont pas effrayés, et M. Lencauchez n'en a jamais vu se cabrer.

A New-York le chemin de fer passait sous les fenêtres de l'hôtel où il était descendu; il entendait rouler les trains; mais au bout de très peu de jours, il n'y pensait plus.

M. Regnard. J'ai circulé sur le chemin de fer de New-York, et il ne m'est resté aucun souvenir de ce bruit-là. On attache beaucoup d'importance chez nous à des choses tout à fait secondaires, et on néglige la principale, qui est la question de temps. Or la valeur du temps est très appréciée, en Amérique, le reste, la fumée, l'échappement de vapeur, les projections d'escarbilles, le bruit, sont des questions dont on ne se préoccupe guère; on n'y fait même pas attention. Je n'ai pas gardé le souvenir d'aucun bruit; j'ai gardé seulement le souvenir d'un système excessivement commode, très bien approprié aux besoins d'une circulation rapide, où l'on n'est nullement gêné par des contrôleurs ou des agents de service. M. Regnard voudrait donc les voir appliquer partout, car bien loin de nuire à l'ornementation de nos boulevards, il pense que cela les ornerait.

M. le Président est d'avis que ce sont des impressions de voyageurs, mais qu'il faudrait avoir aussi l'impression des habitants.

M. Brüll a vu les chemins de fer élevés de New-York en 1881; il a causé des services que ces lignes rendent à la population avec des personnes bien en mesure de les apprécier. Il a été amené à conclure que ces chemins de fer sont précieux pour les voyageurs et très appréciés par eux; mais que leur présence est une véritable calamité pour les habitants des avenues où ils ont été tracés.

Dans les rues étroites, la voie, élevée d'environ 5 mètres au-dessus de la rue, passe de chaque côté de la chaussée au bord du trottoir, et, comme

les trottoirs sont étroits, les trains circulent à 3 mètres environ de la façade des maisons, à la hauteur du premier et du second étages. Les habitants sont obligés de voir passer depuis la première heure du matin jusqu'à minuit, des trains qui se succèdent à quelques minutes d'intervalle et font un bruit de ferraillement très prononcé. De plus, les passants ne sont pas sans avoir à craindre les inconvénients de la circulation des trains : la plate-forme du chemin de fer étant construite à claire-voie.

Dans certains quartiers, les propriétés ont perdu jusqu'à la moitié de leur valeur, des procès considérables ont été intentés par les locataires et les propriétaires tant à l'administration municipale qu'à la compagnie du chemin de fer. Ces procès ont tourné, en définitive, contre les demandeurs; mais pendant ces litiges, les compagnies ont été à deux doigts de leur perte. En général, les personnes qui parlaient de cette circonstance considéraient comme une grande injustice qu'on n'eût pas indemnisé des dommages très réels qu'on leur causait, les habitants des avenues dans lesquelles les trains passaient.

A Paris, nous avons des voies larges où ce système pourrait être essayé; mais ce n'est pas pour ces grandes avenues, où la circulation est facile, que les difficultés de création du Métropolitain se présentent ; c'est surtout pour les rues étroites et fréquentées.

M. Bûll voudrait dire un mot, à ce propos, d'un système dont il n'a pas encore été question dans cette discussion, c'est le système des chemins de fer funiculaires qui a pris naissance, il y a dix ans, à San-Francisco.

Clay-street est une rue centrale de la ville; elle a une largeur totale de 15 mètres entre les façades des maisons; elle est tracée en ligne droite sur une longueur de 1,585 mètres. La rue monte de 23m,60 et l'inclinaison dépasse par place 16 pour 100; le bas de la rue formait un des quartiers les plus riches de la ville, mais comme on ne pouvait pas monter la rue en voiture, les propriétés n'y avaient que peu de valeur.

Un ingénieur, M. A.-S. Hallidie, qui avait installé dans les mines des transports mécaniques, eut occasion de voir un charretier essayant de franchir cette rampe avec un lourd chargement : le cheval s'abattit, fut entraîné vers le bas et presque broyé sous ses yeux.

Ce spectacle lui inspira le désir de faire pour cette rue quelque chose d'analogue à ce qu'il avait fait dans les mines, où il avait installé un câble aérien.

Il eut l'idée de placer les câbles qui devaient remorquer, dans l'un et l'autre sens, les voitures montantes et les voitures descendantes, dans des tuyaux installés au milieu de chacune des deux voies.

Le câble est soutenu par des poulies à gorge, et d'autres poulies le pressent par-dessus aux points où le profil présente un angle creux. Le tuyau est percé sur toute sa longueur d'une fente de 19 millimètres à sa partie supérieure. Chaque train est formé de deux petites voitures de tramway, à quatorze places chacune, et, à l'avant, d'un véhicule spécial à seize places, qui sert surtout à relier le train au câble.

En Amérique on refuse rarement à un voyageur l'accès d'une voiture publique, de sorte que ces trains à quarante-quatre places reçoivent souvent jusqu'à soixante-dix voyageurs.

Le câble présente deux brins, dont l'un monte et l'autre descend constamment la rue; il s'enroule aux extrémités du parcours sur des poulies placées sous le sol. Une machine à vapeur actionne le système.

Il faut pouvoir à un moment donné prendre le câble, de manière que le train participe à son mouvement, et, par contre, pouvoir à tout instant rendre le train indépendant du mouvement du câble et l'arrêter par un frein.

Ce résultat est réalisé au moyen d'un appareil qualifié du nom de *grip*.

Qu'on imagine une tôle d'acier de 15 millimètres environ d'épaisseur capable de circuler dans la fente du tuyau, cette tôle est partagée en trois partie sur sa largeur : deux jambages extérieurs fixés au véhicule d'avant, et la partie du milieu, qui coulisse entre les deux autres. En élevant ou abaissant cette partie centrale, par rapport à ces guides verticaux, à l'aide d'une vis et d'un volant de manœuvre, on peut serrer ou desserrer une paire de mâchoires qui viendront presser ou lâcher le câble. Tel est en substance le *grip*.

D'ailleurs les éléments des chemins de fer funiculaires ont été variés de bien des façons. M. Eppelsheimer apporta au système primitif divers perfectionnements et actuellement il y a en Amérique plus de 150 patentes pour ce genre de chemin de fer.

On a cherché entre autre chose à éviter l'usure du câble, dans ce but on a muni le *grip* de deux rouleaux, de façon que lorsqu'il n'y a pas de serrage, le câble glisse le long des rouleaux, et lorsque les rouleaux cessent de tourner, le câble est serré.

Le chemin de fer de Clay street a eu un succès complet et, dès la première année, l'entreprise a rapporté 50 pour 100 du capital. On n'a pas attendu longtemps pour établir ce type de chemin de fer dans d'autres rues de San-Francisco où le terrain était moins accidenté; il y en a aujourd'hui cinq d'un développement total de 18 kilomètres.

Plus tard, on en a construit dans d'autres villes : à Dunedin (Nouvelle-Zélande), à Chicago, à Philadelphie.

En plaine, les services que rend ce système sont moins signalés qu'en terrain accidenté, puisqu'il ne s'agit plus de circuler dans des endroits inaccessibles autrement aux voitures, mais c'est un système d'une exploitation économique. A Chicago, qui est une ville plate, on établit un important réseau funiculaire; on a construit une usine centrale qui doit donner la force motrice à tout le système, et une première section de 6 1/2 kilomètres est en service depuis le commencement de 1882.

M. Eppelsheimer construit deux de ces chemins de fer à Londres, en ce moment.

Partout où ce système a été pratiqué, il a donné une grande sécurité, une

grande douceur de roulement, peu d'encombrement pour la rue et il en est résulté la traction économique que peuvent donner la concentration de la force motrice en un seul point et la solidité des voitures descendantes avec celles qui montent.

Une difficulté s'est présentée : c'était de franchir les courbes ; on y est parvenu de la façon suivante : la courbe est munie de trois ou quatre grandes poulies horizontales à rebord inférieur; le câble est appliqué contre la jante de ces poulies, le *grip*, suivant toujours la fente qui se projette à quelques centimètres en dehors des jantes des poulies, vient écarter le câble de la jante au droit de chaque poulie, le câble se retire de 4 centimètres environ en se soulevant un peu, et, dès que le *grip* a passé, le câble se place de nouveau sur la jante de ces roues et sur leur rebord inférieur.

Les voitures ne sont jamais tournées. Il y a deux voies; et pour que les voitures arrivées au bout de leur course puissent reprendre l'autre voie, on a tracé le chemin de fer autour d'un îlot supplémentaire de maisons, et moyennant ce circuit le long des quatres faces de l'îlot on revient prendre la voie de retour.

M. Brüll considère la traction funiculaire comme très appropriée aux chemins de fer urbains et pense que cette solution devrait être examinée avec soin à l'occasion du chemin de fer Métropolitain.

M. Bourdil. Il y a un système du même genre dans lequel le grappin vient saisir le câble latéralement. Ce grip peut se soulever; on soulève le grip et il passe par-dessus le câble.

M. Brüll ajoute que le chemin de fer de State-street à Chicago à deux câbles d'environ 6,500 mètres, la machine motrice étant à peu près de la longueur de la rue.

M. Haag. Dans la dernière séance, M. Mékarski a parlé des conditions d'exploitation du chemin de fer souterrain et il est arrivé à conclure à l'impossibilité absolue d'exploiter avec les machines ordinaires. Je crois que si M. Mékarski avait assisté à la séance d'aujourd'hui, il aurait repris la question et aurait cherché à rétablir la solution souterraine en recommandant l'emploi de machines à air comprimé. M. Mékarski s'intéresse au chemin de fer souterrain un peu comme un médecin à un beau malade, et, de fait, ce malheureux souterrain semble assez malade, d'après le diagnostic établi par M. Mékarski à la dernière réunion.

Nous ne discuterons pas l'efficacité du remède qu'il pourrait nous proposer; quelque bon qu'il puisse être, il vaut mieux évidemment ne pas être forcé d'y recourir, et il peut paraître fâcheux d'adopter une solution qui ne se prête pas à une exploitation courante.

Mais laissons là pour le moment la question d'exploitation, et plaçons-nous à un point de vue un peu plus général. Pour juger une solution, la première chose à faire, à notre avis, c'est d'examiner les services qu'elle peut rendre.

Supposons donc pour un instant que le projet souterrain sanctionné par le Conseil municipal arrive à s'exécuter.

Supposons que des actionnaires assez nombreux et assez... confiants fournissent les 157 millions nécessaires (Rapport de la commission, p. 35). Supposons que les difficultés de construction qu'on peut prévoir et redouter soient heureusement surmontées.

Supposons que l'exploitation s'établisse dans des conditions de facilités inattendues.

Supposons enfin que le public triomphant de ses répugnances se décide à se laisser enterrer de bonne grâce et que le rendement du Métropolitain fournisse comme à Londres 3 ou 4 pour 100 à ses actionnaires.

Quels seront les services rendus? Quel sera le résultat atteint?

Desservira-t-on les banlieues? Non, puisque le souterrain ne se raccordera pour ainsi dire avec aucune des grandes gares et que les trains de banlieue, avec leurs impériales et leurs locomotives ordinaires, n'y pourront pas circuler. Les personnes qui habitent Villeneuve-Saint-Georges, Charenton, Montmorency, Saint-Cloud, par exemple, n'auront aucune facilité nouvelle pour se rendre directement dans le centre de Paris.

Facilitera-t-on aux voyageurs des grandes lignes l'arrivée au centre de Paris? En aucune façon.

Obtiendra-t-on, du moins pour la question si intéressante des logements ouvriers, quelque résultat appréciable? Nullement encore, car c'est dans les quartiers excentriques, dans les banlieues telles que Levallois, Saint-Ouen Clignancourt, etc., que des habitations ouvrières pourraient s'élever dans des conditions économiques et le projet souterrain ne dessert pas ces régions.

Le bois de Boulogne, le champ de courses, Suresnes, voilà son objectif. Vous obtiendrez ainsi à grands frais une sorte de tramway souterrain faisant double emploi avec de nombreuses lignes de tramways existantes, avec les bateaux-mouches, avec les chemins de fer de l'Ouest et de Ceinture qui desservent déjà spécialement cette direction.

Par la gare Saint-Lazare, vous avez déjà des trains de ceinture qui mènent du centre de Paris à la périphérie du bois de Boulogne; et si vous vouliez le desservir complètement et aller jusqu'au champ de courses de Longchamps, il suffirait pour cela de construire un embranchement peu coûteux partant de la porte Maillot et se dirigeant vers Suresnes.

Je le répète, la préoccupation dominante de la commission semble avoir été le service du bois de Boulogne[1] et sans contester l'utilité qu'il pourrait y avoir à faciliter encore les transports dans cette direction, on peut se demander si le résultat atteint sera bien en rapport avec la dépense. Je cons-

1. Rapport de la Commission, page 17 : *tout Paris ne veut pas arriver au bout du bois, mais dans le bois:* l'idée de conduire le public au *centre* du bois nous semble peu compréhensible : les endroits intéressant à desservir les champs de courses, par exemple, sont sur la périphérie, et quant à l'intérieur du bois il nous semble que ce n'est pas en chemin de fer qu'on doit désirer s'y promener.

tate qu'il faudra dépenser 157 millions, et quelle que soit la bourse qui devra fournir ces 157 millions, c'est là, encore une fois, une bien lourde charge pour un bien minime résultat.

Et puis enfin, au point de vue de l'agrément, on peut se demander s'il n'est pas contradictoire d'enfermer le public dans un souterrain où l'on est privé d'air et de lumière pendant un long trajet pour lui faire respirer l'air pur ensuite[1].

J'ajouterai encore un mot au sujet de la question militaire. On a construit les nouveaux forts; on parle de supprimer les anciennes fortifications comme inutiles. Paris se trouverait ainsi le centre d'un immense camp retranché et pour la défense de ce camp retranché le chemin de fer métropolitain pourrait rendre d'immenses services.

Avec le Métropolitain aérien, reliant directement les grandes gares, le but serait évidemment atteint. Avec le Métropolitain souterrain, on n'obtiendrait aucun résultat de ce genre.

Telles sont, Messieurs, les quelques considérations que j'avais à ajouter à nos communications précédentes.

M. Lencauchez. — Je voudrais seulement dire deux mots au sujet des critiques de M. Brüll sur le ferraillement du Métropolitain de New-York. Ce ferraillement n'est pas bien considérable, puisque M. Regnard, pas plus que moi n'en a gardé le souvenir. M. Brüll a dit avec raison que le chemin de fer aérien avait absorbé sur certains points presque toute la largeur de la voie. Or j'ai déjà répondu que j'estimais à peu près à 10 pour 100 la partie du tracé où la voie était gênante pour les voisins et il est certain qu'à Paris les habitants recourraient aux tribunaux qui, plus équitables que ceux de New-York, les feraient bénéficier de l'expropriation pour cause d'utilité publique. Dans tous les cas on peut facilement s'imaginer ce que serait le tracé de New-York, appliqué à Paris; ce serait, en un mot, la superposition du tramway à vapeur sur le tramway existant; tout en le conservant; ce qui ne gênerait nullement. Il y a à New-York deux modes de construction. Ainsi, dans certains cas, les deux voies ne se touchent pas : il y a une séparation à ciel ouvert entre la voie montante et la voie descendante. Dans d'autres cas, la ligne prend le milieu de la chaussée, et les deux voies se touchent, mais il n'y a aucun inconvénient à cela partout où les lignes n'entrent pas dans les rue du vieux New-York. A Paris si l'on fait des percées nouvelles, des boulevards, comme on a le projet d'en ouvrir, on pourra profiter de ces percées pour établir les lignes suivant les idées de M. Haag. L'exemple du chemin de fer de Vincennes, où les arcades ont été faites sans goût et qu'à l'origine on refusait de louer comme magasins et logements se sont cependant trouvées habitées par la force des choses, malgré les résistances administratives; ce qui prouva que des constructions spéciales et élégantes dans ce cas particulier ne pourraient être que l'objet d'une très bonne spéculation; c'est pour cela qu'à Paris,

1. « Le premier besoin est de prendre l'air » (Rapport de la Commission, page 10.

partout où l'on trouve des tramways existants, il faudrait superposer les chemins de fer comme à New-York.

M. LE PRÉSIDENT. A combien évalue-t-on le kilomètre de chemin aérien, en viaduc?

M. LENCAUCHEZ. Je ne me rappelle pas les chiffres de New-York, mais ce qui coûte un million à Paris en coûte quatre à New-York. Il y a des raisons pour cela; car une grande partie de l'argent reste dans les mains des intermédiaires, ce qui, du reste, arrive pour tous les travaux qui se font à l'étranger. Mais rien n'est plus facile que d'apprécier pour Paris le prix du kilomètre, en supposant des colonnes de 25 à 40 centimètres de diamètre et de 5 à 7 mètres de hauteur, espacées de 8 à 12 mètres et portant des poutres en tôles de 70 à 80 centimètres de hauteur de T, l'ensemble ne devant porter que du matériel léger, soit des locomotives à 8 roues du poids de 20 tonnes et des longues voitures aussi à 8 roues du poids de 15 tonnes, et pouvant contenir cent voyageurs.

M. WATSON. Sur les différents points qu'on a pris, l'on a vu baisser la valeur des maisons. Sur les grandes lignes, comme les boulevards, la propriété a beaucoup augmenté de valeur quand le tramway aérien a été établi, la circulation des personnes a baissé énormément. On a trouvé moyen d'établir des boutiques et des magasins. Ceci ne peut se faire dans les petites rues, mais bien sur de grandes lignes. Quant à la question du bruit, j'ai entendu des personnes qui ont logé près du chemin de fer, dans les petites rues, s'en plaindre beaucoup. Mais, sur les grandes lignes, on ne s'en aperçoit pas, et il se confond avec le bruit qui se fait autour.

M. LENCAUCHEZ. Je prierai M. Brüll de nous donner son opinion sur ce point. Il lui semble qu'avec un chemin de fer funiculaire, à niveau semblable à celui dont M. Brüll a donné la description avec beaucoup de talent, on ne peut avoir une vitesse suffisante, car la marche à 8, 10 et même 12 kilomètres ne fait que remplacer la traction animale.

Pour arriver à une vitesse de 25 à 35 kilomètres à l'heure, il faut que le chemin de fer soit indépendant de la chaussée de la voie publique.

En effet, si à New-York et à Paris, on avait des trains marchant à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure la voie publique ne serait pas désencombrée et cette très faible vitesse serait encore très considérable dans les rues et les boulevards où il y a des fardiers, camions et voitures qui se croisent à chaque instant dans tous les sens : donc on n'arriverait pas à désencombrer la surface, ce qui est le but cherché. A New-York, on y est arrivé en rendant le Métropolitain indépendant de la chaussée. Si, à San-Francisco et à Chicago le chemin de fer funiculaire rend de grands services, il est à peu près dans le même cas que le chemin de fer de Saint-Etienne, qui marche à grande vitesse hors de la ville, et à une vitesse plus modérée dans la ville. Mais, pour Paris, si l'on ne va pas à grande vitesse, le but n'est pas rempli. Il faut donc rendre le chemin de fer indépendant de la surface, c'est-à-dire se mettre en l'air ou en dessous. Quant au système

funiculaire, il n'est avantageux que sur les très fortes rampes, là où les locomotives sont impuissantes.

M. Brüll. Personne ne doute que la machine ne soit capable de fournir la vitesse qu'on lui demandera. Les tramways funiculaires marchent à une vitesse de 12 kilomètres à l'heure ; je pense qu'ils rachètent cet inconvénient de faible vitesse par une grande facilité d'arrêt en tous points de la ligne.

M. le Président fait remarquer, qu'en somme, c'est un tramway où les chevaux sont remplacés par une force motrice, et qui roule sur des rails comme un tramway ordinaire.

M. Hauet. Je serais bien aise de savoir quelle est la superficie et la population de New-York et de connaître aussi le développement linéaire du chemin de fer sur colonnes. On ne peut guère discuter sans avoir ces éléments. Je ferai remarquer que ce qui convient aux Américains peut fort bien ne pas convenir aux Parisiens. Nos habitudes, nos mœurs, ne ressemblent en rien à celles des habitants de New-York. Ainsi M. Lencauchez, répondant à une question de M. le Président, vient de dire que ce qui coute un million en France en coute quatre en Amérique, à cause des habitudes du pays, où rien ne se traite sans commissions, pots de vin, etc. M. Hauet tient à affirmer hautement que, dans notre pays, la grande majorité n'admettra jamais cette façon de traiter les affaires et qu'il se produira toujours une violente réaction contre toute tentative d'importation de ces mœurs américaines.

Il lui paraît, d'après ce que disait M. Lencauchez, que le Métropolitain de New-York a un prix unique quel que soit le trajet?

M. Lencauchez. Oui, un prix unique de 0 fr. 50.

M. Hauet. Voilà encore un élément important dont il importe de tenir compte, le prix unique me paraît une nécessité absolue du transport d'un voyageur dans Paris.

Maintenant, permettez-moi de vous demander si vous croyez que la création d'un Métropolitain dans Paris soit bien justifiée. On dit : Oui, pour désencombrer Paris ; mais, Messieurs, l'encombrement de nos rues, c'est le cachet spécial de Paris, c'est ce qui en fait l'attrait. Car, évidemment, vous ne rêvez pas cependant de raréfier la circulation sur nos grands boulevards, comme elle l'est sur le boulevard Montparnasse, par exemple. Nous nous payons tous, tant que nous sommes, au sujet de cette question, comme dans bien d'autres, hélas ! de raisons, de sentiments et de lieux communs en guise d'arguments. Nous disons, quand nous sommes sur le boulevard, on ne peut pas circuler à cause des voitures, on ne peut pas passer à cause des consommateurs des cafés qui envahissent le trottoir ; mais, qu'on oblige les consommateurs à se tenir à l'intérieur des cafés et il n'y aura bientôt plus ni consommateurs, ni cafés, ni promeneurs et le boulevard ne sera plus le boulevard, il aura perdu la physionomie qui lui est propre, qui distingue Paris des autres capitales et le met hors de pair.

On discute si l'on doit faire un Métropolitain souterrain ou aérien, en

réalité, si l'on doit couper Paris par des chemins de fer. On veut relier les gares entre elles. Pourquoi faire? Les voyageurs qui traversent Paris s'y arrêteront toujours. On traverse la Prusse sans s'arrêter à Berlin; on va dans les autres capitales appelé par ses intérêts, mais on vient exprès à Paris pour y dépenser son argent, pour y séjourner; en un mot, pour goûter la vie de Paris.

On dit aussi que les Parisiens auront plus de facilités pour habiter la banlieue. Non, les Parisiens peu aisés ne se trouveront pas dans de meilleures conditions qu'actuellement, pour aller habiter les environs où les loyers et la vie exigent une certaine situation pécuniaire et la question des loyers à bon marché ne sera pas résolue par le Métropolitain. Il y a ici une série de problèmes complexes intimement liés les uns aux autres et ce n'est pas en copiant, ce qui se fait à New-York ou à Londres dans un milieu essentiellement différent qu'on pourra les résoudre.

S'il convient sérieusement de désencombrer Paris, pourquoi n'achève-t-on pas la trouée du boulevard Haussmann? pourquoi ne désencombre-t-on pas la chaussée d'Antin? ce qui serait bien facile pourtant.

Et d'ailleurs, est-ce que le Métropolitain désencombrera quoi que ce soit?

Vous dites : Oui; mais alors je vous enferme dans ce dilemme : si vous désencombrez, vous ne ferez pas vos frais puisque certaines lignes d'omnibus ne font pas les leurs. Ou vous ferez vos frais parce que le Métropolitain augmentera considérablement le nombre des voyageurs; mais alors comme il ne conduira pas les voyageurs jusqu'au cinquième étage de chaque maison, qu'ils les descendra à une station et qu'il continueront leur course à pied jusqu'à destination, leur nombre ayant augmenté vous n'aurez rien désencombré du tout.

M. Haag. Certains quartiers le seront.

M. Hauet. Lesquels? Interrogez donc les habitants de la rue Montmartre, du rez-de-chaussée à la mansarde, et demandez-leur s'ils voudraient voir dans leur rue une circulation aussi faible que dans certaines rues de la rive gauche et vous verrez avec quelle unanimité ils répondront.

M. Haag. Il y a cependant une limite, car dans ce cas-là, il n'y aurait pas nécessité de faire des percements nouveaux.

M. Hauet. Si; on doit percer des rues nouvelles pour répondre à des besoins divers, mais on ne doit le faire qu'avec circonspection. On doit y regarder à deux fois et se bien préoccuper à l'avance du trouble que le percement pourra apporter dans le régime des industries et des commerces qu'on déplace; et on ne déplace jamais impunément des intérêts. Voyez combien le boulevard Sébastopol, par exemple, a mis d'années avant d'être ce qu'il est, et combien de gens s'y sont ruinés?

Dans cette création d'un Métropolitain, les uns ont vu une grande affaire, les ingénieurs y ont vu de grands et beaux travaux à exécuter, mais on me semble avoir toujours négligé la question parisienne, question

qui, je l'ai dit précédemment, est très complexe, j'ajoute qu'on ne la résoudra rationnellement qu'en envisageant du même coup la démolition des fortifications et la suppression de l'octroi. — Métropolitain, Fortifications, Octroi sont les trois termes de la question parisienne et ne peuvent être disjoints.

En terminant M. Hauet revient à ce qu'il disait en commençant, c'est-à-dire quelles sont : la superficie de New-York, sa population et le développement de son chemin de fer Métropolitain ?

M. Brûll. La longueur est à peu près de 5 à 6 milles et sa largeur d'un mille. C'est à peu près 7 à 8 kilomètres de chemin de fer Métropolitain, soit toute la longueur de la ville.

M. le Président, rappelle que des publications ont été faites, dans lesquelles on pourra trouver les chiffres relatifs à la population à la superficie de New-York, et au développement de ses chemins de fer.

M. Périssé est d'avis qu'il faut conclure de tout ce qui a été dit qu'un chemin de fer aérien doit être installé sur une voie très large. Il fait remarquer que, de plus, on a dit qu'en Amérique, le bruit gênait les voisins mais que ceux-ci n'avaient pas reçu satisfaction des tribunaux. Or à Paris, ils seraient indemnisés certainement, et cela coûterait cher.

M. Périssé croit en outre qu'il est de toute nécessité de considérer également la question d'aspect et que ce serait gâter Paris que de lui enlever sa physionomie et ses points de vue, en installant un chemin de fer sur les boulevards.

Il faut donc admettre des percées nouvelles, et on arrive ainsi tout naturellement au projet très remarquable de M. Haag.

M. Périssé se demande cependant quel serait le coût d'un chemin de fer de cette nature et il fait remarquer que cette question n'a pas encore été traitée jusqu'ici.

Enfin, pour empêcher le bruit inhérent à tout tablier métallique au moment du passage des trains, on pourrait construire des viaducs en maçonnerie mais on intercepterait ainsi les rayons du soleil, et M. Périssé est d'avis qu'il ne faut pas en priver Paris et qu'il est indispensable surtout de lui conserver le caractère d'agrément qui attire tous les étrangers.

M. Haag. 40 millons pour le centre de Paris. J'ai donné ces chiffres dans une précédente séance : le prix ne dépasserait certainement pas 40 millions le kilomètre pour la traversée centrale de Paris.

Quant à la question du bruit on évitera cet inconvénient en construisant le viaduc en maçonnerie, cela permet aussi d'utiliser les dessous pour faire des boutiques; cette disposition a été adoptée à Berlin. Elle existe aussi sur la ligne de Vincennes, mais je m'empresse d'ajouter que la solution du chemin de fer de Vincennes ainsi que je l'ai déjà fait remarquer pourrait être infiniment améliorée au double point de vue de l'aspect et de l'aménagement intérieur des boutiques.

M. Hauet. Vous n'aurez pas cela dans l'intérieur de Paris.

M. Haag. Si les boutiques se louent sous le chemin de fer de Vincennes, pourquoi ne se loueraient-elles pas au centre de Paris? Le viaduc très mal aménagé du chemin de fer de Vincennes donne déjà des loyers qui représenteraient 200,000 francs par kilomètre, ce n'est pas un chiffre à dédaigner, puisqu'il est douteux que le chemin de fer lui-même puisse en rapporter autant. Maintenant, au point de vue de la lumière et de l'air, je ferai remarquer que si l'on construit le boulevard Métropolitain avec un viaduc central et deux voies charretières de 15 mètres de chaque côté, on n'enlèvera pas la lumière, puisqu'une rue de 15 mètres est aussi large à peu près que la rue Saint-Lazare. Du côté du Métropolitain, ces rues ne seraient bordées que par le viaduc de 8 mètres de hauteur environ; elles auraient donc plus de lumière qu'une rue ordinaire de 15 mètres.

M. Badois. Comme Parisien, je proteste absolument contre le chemin de fer de Vincennes, étendu dans Paris, car il n'y a rien de plus affreux. Tout ce qu'on voudra, mais pas le chemin de fer de Vincennes. Mais surtout, je rends hommage à M. Haag, qui ne place plus son tracé dans la rue Montmartre.

M. Haag. Il me semble que la rue de Lyon et l'avenue Daumesnil ne déparent nullement le quartier où elles se trouvent.

M. Badois. Le chemin de fer de Vincennes est très bien à sa place, laissez-le où il est.

M. le Président est d'avis que ce sont là des questions de sentiment, et demande qu'on revienne à la question technique, et surtout à l'exploitation du chemin de fer souterrain qui a pour lui en ce moment, un vote et un projet complet.

Il convient d'examiner si le chemin de fer souterrain sera exploitable par les mêmes moyens que le chemin de fer aérien ou si, au contraire, on sera obligé de recourir à l'emploi de machines spéciales. C'est cette question qui doit préocuper la Société.

M. Regnard, est partisan du chemin de fer Métropolitain souterrain et il n'a jamais entendu dire que, soit dans le tunnel des Batignolles entre Paris et Asnières, quoiqu'il y passe 100 trains par jour, soit à Londres dans le Métropolitain souterrain, soit enfin dans les tunnels du mont Cenis et du St-Gothard qui n'ont pas cependant beaucoup de cheminées de ventilation, on y ait jamais été asphyxié. Il ne voit donc pas, *à priori*, qu'on puisse s'attendre à de grosses difficultés sous ce rapport.

M. Périssé, ne croit pas qu'il soit possible d'établir de comparaison et il pense qu'il faudrait proscrire, en principe les locomotives ordinaires dans un Métropolitain souterrain.

M. Regnard ne se rend pas compte de cette proscription des locomotives à feu dans les souterrains, puisque partout, jusqu'à présent, elles ont été employées sans grand inconvénient.

M. le Président, arrête la discussion à ce point et il rappelle que dans une prochaine séance, M. Mékarski continuera la démonstration qu'il a

commencée, c'est-à-dire qu'il ne sera pas possible d'employer des locomotives ordinaires pour la traction dans le chemin de fer Métropolitain souterrain.

MM. Bonnefond, de Fréminville et Letaud ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Séance du 20 Juillet 1883.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES DE COMBEROUSSE, *Vice-président.*

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 juillet est adopté.

M. QUÉRUEL demande s'il n'y aurait pas lieu d'ouvrir une discussion, non pas sur le procès-verbal de la dernière séance, mais sur les questions si intéressantes qui nous ont préoccupés, lors de notre voyage au Havre : et de la visite la *Normandie* et ses appareils propulseurs.

M. LE PRÉSIDENT. Cette observation sera consignée au procès-verbal de la séance.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Daveluy.

Il fait part ensuite de la nomination de M. Belleville comme officier de la Légion d'honneur ainsi que de celles de MM. Lemasson, Vigreux et Villard, comme chevaliers du même ordre.

M. Mouchelet a été nommé officier de l'instruction publique et M. Chalain, officier d'académie.

La Société a reçu de M. Georges Salomon un exemplaire du numéro de juin du *Journal de la Statistique de Paris*, dans lequel se trouve le rapport qu'il a fait au nom d'une commission de la Société de Statistique de Paris, rapport tendant à obtenir de l'administration des travaux publics une statistique détaillée des mineurs.

A ce rapport, dont les conclusions ont été discutées et votées en assemblée générale de la Société de Statistique, se trouve jointe une lettre par

laquelle M. le ministre des travaux publics informe cette société qu'il sera fait droit en partie aux vœux qu'elle a émis. Désormais, le service de la statistique de l'industrie minérale publiera annuellement un ensemble de données sur les institutions destinées à venir en aide aux ouvriers mineurs.

Un questionnaire, contenant les éléments les plus indispensables à connaître, relativement aux institutions de secours, a été rédigé et est annexé à la lettre du ministre des travaux publics.

La Société ne peut que féliciter M. Georges Salomon de ses efforts et des résultats qu'il vient d'obtenir.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre par laquelle M. Dulac informe la Société que des essais de vaporisation seront faits le mardi 24 juillet, pour la réception du générateur de 50 mètres cubes installé par ses soins, dans les ateliers annexes de MM. Varrall, Elwell et Middleton, 15, rue Pierre-Girard. M. Dulac demande que M. le Président veuille bien désigner un de nos collègues compétent en ces matières, pour contrôler ces essais, dont les résultats pourront servir utilement à éclairer la discussion qui pourra suivre la communication qu'il se propose de faire à la Société sur ce sujet.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Brüll s'il veut bien assister à ces essais et nous rendre compte des résultats obtenus.

M. BRÜLL répond qu'il accepte.

M. DULAC dépose sur le bureau, pour être mises à la disposition des membres de la Société, des invitations pour assister à des expériences d'alimentation monohydrique des chaudières à vapeur, qui doivent avoir lieu dans les ateliers de M. Hugot, constructeur, rue Vicq-d'Azir, 23, les samedi 21 et lundi 23, de 9 heures du matin à 5 heures du soir.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. Barrault nous a fait une communication très intéressante sur la nouvelle convention qui doit régir les brevets. Pour compléter cette communication, M. Barrault nous adresse aujourd'hui une planche qui indique les dimensions des dessins qui doivent être joints aux demandes de brevet. Les conditions dans lesquelles les dessins doivent être établis ne sont pas les mêmes dans tous les pays. En France, par exemple, chacun est libre de faire un dessin de dimensions quelconques, au lieu que, dans d'autres pays, les dessins ont une dimension parfaitement fixée : ceci peut avoir un certain intérêt au point de vue du classement et du rangement dans une bibliothèque. En France, il serait peut être bon d'adopter cette mesure.

M. LE PRÉSIDENT annonce également que MM. Geneste et Herscher viennent d'installer, à l'Exposition d'Amsterdam, un ventilateur de mines, système Ser, actionné par une machine de 50 chevaux. Un ingénieur de leur maison sera prêt à donner, aux membres de la Société, toutes les explications et à faire, sous leurs yeux, toutes les expériences de contrôle nécessaires.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Flachat, qui désire faire un cadeau à notre bibliothèque.

M. IVAN FLACHAT rappelle qu'à l'avant-dernière séance il a fait passer sous les yeux des membres de la Société un échantillon obtenu dans le tunnel sous-marin, dont il a été question, et qui permet de constater l'opération de la machine anglaise de M. le colonel de Beaumont; cet éclat, cueilli par un des couteaux de la machine, a été ramassé dans le seau qui amène les produits au dehors. Il avait été prêté par un ami qui veut bien en faire hommage à la Société.

M. IVAN FLACHAT joint à cet échantillon : un petit album qui représente l'appareil Beaumont, et, par conséquent, l'outil lui-même, une vue du chantier de Sangatte, et une photographie de la chambre où sont installées les machines.

M. IVAN FLACHAT ajoute qu'en classant des papiers provenant de la Société de Fourchambault il a découvert des documents fort intéressants; ce sont des plans avec tableaux, comprenant l'ancienne étude de la Compagnie Riant, pour le parallèle entre les deux projets de chemins de fer de Paris à Rouen et au Havre, par la vallée de la Seine et par les plateaux. Cela date de 1836; on y lit même : Nouveaux projets de 1836. Les tracés par les plateaux et par la vallée y sont reproduits avec plusieurs variantes, et, chose remarquable, ces variantes, qui étaient considérées comme se nuisant les unes aux autres, sont aujourd'hui exécutées et au delà. Comme intérêt rétrospectif, M. Ivan Flachat croit qu'il est intéressant pour la Société de posséder dans la bibliothèque cette étude embryonnaire des premiers chemins de fer exécutés en France.

L'ordre du jour appelle la communication de M. SEYRIG sur les ascenseurs pour canaux.

M. SEYRIG rappelle en quelques mots la communication très intéressante de M. Badois sur les ascenseurs pour canaux, exécutés ou en projet, à propos de laquelle il a déjà présenté, dans la séance du 15 juin dernier, quelques observations critiques. A part le système proposé par M. Seiler, un seul type d'ascenseurs reste aujourd'hui à l'étude, c'est celui appliqué à Anderton, consistant en un piston unique supportant le sas, et fonctionnant par l'application du principe de la balance hydrostatique.

Les objections que l'on peut faire à ce système ont conduit à l'étude d'un appareil fondé sur un principe différent, dont les dessins sont placés sous les yeux de la Société. Il est constitué par un sas rectangulaire, destiné à recevoir les bateaux flottants, et qui se présente par ses extrémités alternativement devant les biefs supérieur et inférieur. Il repose sur quatre tourelles en charpente métallique, fixées, à leur partie inférieure, à des flotteurs complètement immergés dans l'eau. Ces flotteurs sont de forme cylindro-conique appropriés au mouvement de haut en bas qu'ils doivent avoir. Leur immersion totale a, pour conséquence, l'équilibre en un

point quelconque de sa course, de l'appareil entier, la seule différence de poids qui existe entre la position supérieure et la position inférieure, étant due à la perte de poids du métal constituant les tourelles, suivant leur degré d'immersion dans l'eau.

Le sas se trouve guidé par des appareils à trois galets, placés près de ses quatre angles, et roulant contre des rails-guides fixés aux tours en maçonnerie qui forment culées et piles. D'autres galets-guides sont fixés au bas des flotteurs et roulent contre des rails noyés dans la maçonnerie des puits où se meuvent les flotteurs. Il en résulte que le guidage se fait en des points très éloignés l'un de l'autre dans la direction du mouvement, ce qui est la condition essentielle d'un bon guidage.

Le mouvement du sas est obtenu par l'effet d'un piston hydraulique placé au centre de figure de l'appareil. Il fonctionne dans un corps de presse en tôle, logé dans un puits central, d'un accès facile dans toutes ses parties. Cette presse, ne supportant pas le poids de l'appareil, mais servant uniquement à produire la force nécessaire pour le déplacement du sas, n'a plus, comme dans les appareils à support unique, à travailler sous les pressions élevées de 30 ou 35 kilogrammes par centimètre carré. 6 à 7 kilogrammes de pression suffisent, et dès lors la construction en devient des plus simples. Il y a plus ; cette pression très faible suffisant pour le mouvement de l'appareil, il n'est plus besoin de pompes ni d'accumulateurs pour la produire. Un réservoir, placé à vingt-cinq mètres environ au-dessus du bief supérieur donne la colonne d'eau voulue pour faire fonctionner la presse, et toute la puissance motrice nécessaire consiste à faire monter dans ce réservoir, à partir du bief supérieur, autant de cylindrées d'eau qu'on aura d'opérations doubles, de montées et de descentes à faire. En supposant une montée et une descente par demi-heure, cela représente une force de trois à quatre chevaux pour le service complet de l'appareil. Si l'eau est suffisamment abondante dans le bief supérieur, il est facile de produire cette force au moyen d'une petite turbine fonctionnant sous la chute de la dénivellation existante.

Les extrémités du sas mobile se présentent devant des faces planes, où le joint se fait par le moyen d'un tuyau en caoutchouc, qui est ordinairement vide, mais que l'on gonfle au moyen de l'eau sous une pression, pour assurer un contact avec la face du sas, et une étanchéité suffisante pour permettre l'établissement d'un niveau commun entre le bief et l'eau du sas. Celui-ci peut, par cette disposition, se présenter devant l'un et l'autre bief à un niveau quelconque et suivre, par conséquent, les variations de niveau qui peuvent se produire, ce que ne permettait pas la disposition d'Anderton.

Les portes sont à rabattement, dans le fond du sas mobile et dans les parties terminales des biefs. Elles s'effacent ainsi complètement sous les bateaux qui passent, avantage considérable sur les portes qui se lèvent, et qui ne permettaient pas le passage de bateaux chargés de foins ou de bois, ou bien encore munis de mâts.

Ainsi conçu, l'appareil porte en lui-même des conditions de sécurité supérieures à celles que peuvent offrir les ascenseurs à un seul support.

Supposons qu'un des points de support vienne à fléchir ou à manquer pour une cause quelconque. Les trois autres, sans compter le piston, seraient là pour éviter une catastrophe. L'appareil descendrait sans doute étant déséquilibré, mais ne pourrait jamais prendre une vitesse nuisible, par suite de la résistance de l'eau au mouvement des flotteurs. De même dans le cas d'une rupture quelconque des tuyaux qui amènent l'eau à la presse, de cette presse elle-même, ou du piston. Si, par contre, le sas se vidait accidentellement d'une partie de son eau, il tendrait à s'élever, mais sa course serait bientôt limitée par l'émersion des flotteurs de l'eau dans laquelle ils plongent. Cela ne présenterait encore aucun inconvénient. En tout état de cause le mouvement des flotteurs dans l'eau constitue un véritable frein, et empêche les sas de s'emporter, soit à la descente, soit à la montée. En cas de chute, même jusqu'à fond de course, le choc n'est pas à craindre, l'eau faisant encore matelas jusqu'au moment où le fond des flotteurs viendrait toucher le fond des puits dans lesquels ils se meuvent.

Comme on le voit, cet appareil est constitué par un seul sas, n'exigeant plus, comme le système Clark, deux sas conjugués, ou bien un sas et un accumulateur de même poids. Il convient donc spécialement à des canaux à trafic modéré. Si ce trafic devient assez grand pour en exiger deux au même endroit, on aura toujours une garantie double contre les interruptions accidentelles, causées par des avaries, par l'emploi de deux appareils indépendants plutôt qu'avec un seul fonctionnant avec deux sas. Il y aura de même, avantage économique à ce que les mouvements des deux sas ne soient pas connexes, le trafic ayant rarement une régularité telle que l'on puisse sans perte de temps, faire monter un bateau dans l'un des sas tandis qu'il en descend un par l'autre.

Une objection a été faite à propos des puits assez profonds, et de grand diamètre, que nécessite l'emploi des flotteurs. A moins que le terrain ne soit absolument impropre à tout travail de fondation, cette difficulté n'est pas bien à craindre. Il suffit de se rappeler que déjà, en 1825, sir Isambart Brunel fonça avec un plein succès les grands puits du tunnel de la Tamise, qui ont 15 mètres de diamètre et qui traversent des terrains d'argile vaseuse et molle. Les progrès faits depuis lors dans l'art du fonceur permettent d'assurer que les puits de 5 et de 7 mètres de diamètre que comporte l'appareil, se construiraient sans la moindre difficulté.

L'application de semblables appareils n'est pas fréquente, et cependant on sait qu'un certain nombre de canaux sont actuellement retardés dans leur exécution parce que l'on se heurte à cette difficulté de ne pouvoir franchir de grandes dénivellations. La question a donc son actualité. L'ascenseur des Fontinettes est décidé depuis deux ans, mais est encore loin de son achèvement. En Belgique, trois ou quatre applications devaient en être faites, mais il semble que l'on ne veuille plus s'y décider et qu'au-

jourd'hui on préfère les plans inclinés aux ascenseurs verticaux, et cette décision est sans doute due à l'émotion causée par l'accident arrivé à Anderton. Il faut le regretter, car l'expérience faite sur un seul appareil le premier de son espèce, ne doit pas suffire pour approuver ou pour condamner définitivement, et le fait même qu'il a fonctionné pendant dix ans, avec un seul accident, encore mal expliqué, semblerait devoir encourager à de nouvelles applications, plutôt qu'à rejeter l'emploi.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Seyrig de sa communication, si intéressante et si nette, qui vient compléter heureusement le travail que M. Badois nous a présenté au nom de M. Harrand.

M. MÉKARSKI demande la parole pour répondre à la communication faite par M. Francq dans la dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT. Je demande la permission à M. Mékarski d'opposer trois raisons à sa demande. Une seule serait suffisante.

La première c'est que M. Marché, notre Président, a dirigé cette discussion du chemin de fer Métropolitain, à laquelle il prend un grand intérêt, je crois qu'il est de toute convenance d'attendre qu'il puisse la diriger de nouveau. D'un autre côté, M. Mékarski a l'intention de répondre à M. Francq. M. Francq est malade; il pourra être prévenu du jour où la question sera reprise et je pense que la discussion pourra porter ainsi plus de fruit.

M. MÉKARSKI. Je reconnais la valeur de cette observation.

M. LE PRÉSIDENT. Faut-il en ajouter d'autres?

M. MÉKARSKI. C'est inutile, monsieur le Président, je me range à l'avis que vous voulez bien exprimer.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Mékarski, et il espère que sa communication ne perdra rien de son intérêt à attendre la prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la communication de M. HAUET sur la mer intérieure [1].

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie M. Hauet de sa très intéressante et très éloquente communication, qui sera insérée *in extenso* dans le *Bulletin*, et j'espère que son travail aura une heureuse influence pour arrêter ces illusions, ce mirage, comme il l'a si bien dit; je crois qu'il y a tant de choses à faire en France, qu'il est bon de s'y intéresser et de nous occuper de l'étang de Berre, par exemple, avant de créer la mer intérieure de l'Algérie; je crois qu'après nos désastres et la manière dont nous avons été délaissés, en 1870, nous avons parfaitement le droit d'abandonner pour quelque temps nos idées humanitaires et d'être Français avant tout et rien que Français. (*Applaudissements*).

1. Voir la note de M. Hauet, page 110.

M. Regnard demande la permission de revenir sur ce que demandait tout à l'heure M. Mékarski. Il n'est pas tard. Beaucoup de personnes présentes ont pu espérer que la discussion du Métropolitain pourrait venir aujourd'hui.

M. Mékarski n'a pas pu être là, dans la dernière séance, il y est aujourd'hui, et il ne pourra peut-être pas être ici le 3 août. Nous pourrions bénéficier de ce que, aujourd'hui, l'heure n'est pas avancée pour l'entendre.

M. Mékarski. Si je ne puis pas venir à la séance du 3 août, j'écrirai, aujourd'hui je me conforme à ce qu'a dit M. le Président.

M. le Président. La deuxième raison que je n'avais pas dite, s'il faut la donner, c'est qu'il faut respecter l'ordre du jour. Quand, en effet, les orateurs sont tout prêts pour une question, si une discussion vient se jeter au milieu de deux communications, la personne qui vient après est très malheureuse. La première raison que j'ai donnée, la principale, c'était de laisser la direction de la continuation de la discussion sur le Métropolitain à M. Marché; mais, si l'assemblée désire entendre M. Mékarski, puisque nous avons encore une demi heure...

M. Richard. Si M. Mékarski pense être libre le 3 août, puisqu'il s'agit, dans la discussion ouverte, de détails techniques, je crois qu'il vaudrait mieux attendre ce jour-là. Maintenant si vous voulez, M. le Président consulter l'assemblée, il y aurait peut-être quelque personne qui demanderait à exposer quelques idées sur le Métropolitain au point de vue général. Dans ce cas-là, je demanderais la parole.

M. le Président. M. Mékarski, avez vous beaucoup de choses à dire?

M. Mékarski. J'en dirai peu, parce qu'il est dix heures.

M. le Président. M. Richard, voulez-vous permettre à M. Mékarski de prendre la parole, il devait répondre à ce qu'a dit M. Francq dans la dernière séance.

M. Richard. Je vais émettre une opinion qui fera jeter les hauts cris à la Société, mais comme lorsque j'ai pris la parole, j'ai toujours été accueilli ici avec beaucoup de courtoisie, je n'hésiterai pas à dire ce que je pense. Je suis absolument opposé au Métropolitain, c'est une opinion générale que je me propose de vous exposer. Mais si M. Mékarski veut parler au point de vue technique...

M. le Président. Dans ces conditions, je donne la parole à M. Mékarski.

M. Mékarski croit avoir établi, par des calculs dont il maintient la rigoureuse exactitude, que si l'on employait sur le Métropolitain de Paris des locomotives à vapeur brûlant 10 kilogrammes de charbon par kilomètre, il faudrait, pour maintenir l'atmosphère des galeries dans des conditions satisfaisantes, en assurer le renouvellement à raison de 10 à 15 mètres cubes par mètre courant de souterrain, pour chaque passage de train.

Il en a conclu que des cheminées d'aérage, même très rapprochées,

auraient chacune à évacuer un volume d'air trop considérable pour que l'on pût se dispenser de recourir à une ventilation artificielle.

Il n'a pas prétendu par là que la ventilation naturelle ne pût être d'aucun secours : il a seulement exprimé l'opinion qu'elle ne serait pas suffisante. Il n'a donc pas mérité le reproche que lui a fait M. Francq à la dernière séance, en termes qui eussent pu être plus mesurés, d'avoir négligé sciemment ou par ignorance, l'effet de la ventilation naturelle sur laquelle son contradicteur a d'ailleurs jugé devoir être très sobre d'explications.

Les critiques de M. Francq prennent évidemment leur source dans une confusion d'idées : la ventilation naturelle suffit-elle à renouveler l'atmosphère des galeries dans la proportion convenable, il n'en faudrait pas moins évacuer par les cheminées d'aérage le cube d'air à remplacer dans un temps donné, lequel dépend uniquement de la quantité d'acide carbonique, de vapeur d'eau et de chaleur que les machines jetteront dans le souterrain.

C'est ce point que M. Mékarski s'est proposé d'abord d'élucider indépendamment des circonstances qui pourront concourir à réaliser le résultat reconnu nécessaire. Il estime avoir en cela suivi l'ordre logique et n'admet pas qu'on l'accuse d'avoir apporté des chiffres erronés alors qu'on ne peut contester ni l'exactitude du point de départ ni la rigueur du raisonnement.

M. Mékarski ne fait d'ailleurs aucune difficulté de s'expliquer sur l'influence de la ventilation naturelle plus complètement que M. Francq. Il répondra en même temps aux observations présentées sur le même sujet par quelques autres de nos collègues.

Dans l'étude de cette question il y a trois choses à considérer :

1° le nombre de trains passant dans un temps donné;

2° la longueur de souterrain à ventiler, c'est-à-dire la distance entre l'orifice d'introduction de l'air frais et celui d'évacuation de l'air vicié;

3° la section de ce dernier orifice.

Il est évident que le volume d'air à renouveler dans un même temps, c'est-à-dire la vitesse du courant d'air à établir, est proportionnel aux deux premiers éléments, et que la vitesse de sortie de l'air, à l'orifice d'évacuation, si on en suppose la section moindre que celle de section du souterrain est inversement proportionnelle au rapport des deux sections.

Or la force nécessaire pour produire l'écoulement, c'est-à-dire la différence de pression entre le point d'entrée et le point de sortie de l'air est elle-même proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement.

Elle a en effet pour expression, d'après la formule de Péclet :

$$P - p = 0.0127 \frac{L\, v^2}{A} + \frac{k^2 v^2}{2g}$$

en assimilant le souterrain à une conduite carrée de côté A et de longueur L et en représentant par k le rapport de la section de l'orifice de sortie à celle du souterrain.

Le premier terme représente le frottement contre les parois du souter-

rain : v étant proportionnelle à L on voit que cet élément varie comme le cube des longueurs à ventiler.

Le second terme représente la force nécessaire pour faire sortir l'air avec une vitesse kv; il varie comme le carré de la vitesse et aussi comme le carré de k.

On voit dans quelles erreurs on risque de tomber quand on assimile le Métropolitain, sous le rapport de la ventilation naturelle, à des tunnels ouverts aux deux extrémités et parcourus d'ailleurs par un nombre de trains beaucoup moins grand.

On a cité les souterrains du mont Cenis et du Saint-Gothard dans lesquels les trains ne se succèdent guère qu'à une heure d'intervalle, c'est-à-dire, sont environ vingt fois moins fréquents. Or il résulte de ce qui précède que la ventilation y est, à longueur égale, quatre cents fois plus facile. En tenant compte de ce que le tunnel du Métropolitain, considéré comme ouvert aux deux bouts, au Trocadéro et au boulevard Bourdon, n'aura que 10 kilomètres et demi de longueur, tandis que celui du Saint-Gothard en a 15, on trouve encore que le rapport est de environ $\frac{1}{200}$.

Il ne faut d'ailleurs pas oublier que les tunnels de faîte sont, à l'égard de la ventilation, dans des conditions particulièrement favorables, par suite des différences de pression barométrique existant toujours aux deux têtes. Ainsi au Saint-Gothard cette seule cause suffit à déterminer une circulation de 2 à 3 mètres de vitesse, correspondant à un renouvellement d'air de 25 mètres cubes par mètre courant et par heure, ce qui suffit largement à l'aération d'un tunnel parcouru par 15 ou 20 trains par jour. On ne peut évidemment espérer rien de pareil pour le Métropolitain.

On a pris également pour exemple le souterrain des Batignolles dans lequel passent jusqu'à 15 trains par heure. Ce serait déjà, pour une section du Métropolitain de même longueur, soit d'environ 330 mètres, une différence de vitesse de $\frac{24^2}{15} = 1.60$ et par conséquent une différence de force de 2.56 si la section considérée du Métropolitain était ouverte aux deux bouts; mais s'il n'existe, à chacune de ses extrémités, que des bouches d'aérage de 4 à 5 mètres carrés, c'est-à-dire d'une surface dix fois moindre que la section du souterrain, le rapport des difficultés s'élève à environ 40.

En présence de ce chiffre il est inutile de faire observer que le tunnel des Batignolles se compose de trois galeries communiquant entre elles par d'assez larges ouvertures ménagées dans les pieds-droits en sorte que chacune d'elles est ventilée par les deux autres.

Il n'y a donc aucune analogie sous le rapport de la ventilation naturelle entre les souterrains existants à présent sur divers chemins de fer et celui qu'il s'agit de créer dans le sous-sol de Paris.

Il est intéressant, néanmoins, de se rendre compte de ce que l'on pourrait attendre pour celui-ci de la ventilation naturelle.

Il serait difficile d'apprécier exactement l'effet d'entraînement produit par la circulation des trains : il faut, d'ailleurs, remarquer que les trains marchant en sens inverse, se croisant en des points assez rapprochés, l'appel d'air déterminé par l'un sera contrarié et presque neutralisé par l'autre. Il semble donc qu'on ne doive pas faire grand fond sur cette circonstance.

On a fait remarquer qu'on ne pouvait pas non plus compter sur une différence sensible de pression barométrique aux différents points où le souterrain communiquera avec l'air libre.

La seule cause dont il soit permis d'espérer un certain résultat est les dénivellations du profil longitudinal des galeries combinées avec l'échauffement de l'air dans le souterrain. Dans ce cas, H étant la différence de niveau entre deux bouches d'aérage consécutive on a

$$P - p = H a (t' - t),$$

ce qui donne une expression de H en fonction de v et de l'écart de température.

On tire en effet de la formule donnée précédemment :

$$H = \frac{v^2}{a (t' - t)} \left(0.0127 \frac{L}{A} + \frac{k^2}{2g}\right).$$

Dans le cas de bouches d'aérage, espacées de 100 mètres et d'environ 4 mètres de section, on aurait $L = 100$; $k = 10$. On peut d'ailleurs faire $A = 7$ mètres ce qui correspond assez bien aux dimensions du souterrain et supposer $t' - t = 10°$. Il vient ainsi :

$$H = 144.09\ v^2.$$

Or pour évacuer 10 mètres cubes par seconde, par une section de 4 mètres carrés, il faudrait que la vitesse fût à la sortie de $2^m,50$ par seconde, soit dans le souterrain, 0.25. On trouvera alors $H = 9^m.00$, ce qui suffit à faire voir que les plus grandes dénivellations du profil en long seront impuissantes à produire une ventilation convenable.

Si d'ailleurs, pour augmenter H on établit, au lieu de simples bouches, des cheminées d'aérage, il ne sera guère possible de leur donner d'aussi grandes dimensions, et l'on arrivera nécessairement à de grandes hauteurs. Ces cheminées devront, par exemple, avoir $30^m.00$ de hauteur pour une section circulaire de $1^m.70$ de diamètre, ce qui les rendrait déjà passablement encombrantes. On avouera, en outre, que cette solution serait loin d'être économique.

On est donc bien en droit de dire que le résultat doit être recherché par d'autres moyens.

M. Mékarski a fait voir que l'emploi des locomotives à eau surchauffée, proposées par M. Francq, ne résoudrait aucunement la question puisqu'il laisserait subsister l'inconvénient produit par un échappement abondant de vapeur, au point de vue de l'état hygrométrique de l'air des galeries.

Il a montré que cet inconvénient n'est nullement inférieur à celui résultant du dégagement d'acide carbonique qu'entraîne l'emploi des machines à foyer.

M. Francq a répondu à son argumentation par de simples dénégations dont on ne saurait se contenter dans une discussion sérieuse. Il annonce d'ailleurs que les locomotives de ce genre seraient pourvues d'un condenseur à surface ou à eau assez efficace pour absorber toute la vapeur d'échappement sur la plus grande longueur de souterrain admise dans les projets. C'est bientôt dit mais ce serait un peu moins facile à réaliser.

On sait en effet que le poids de vapeur condensée par mètre carré de surface de condensation et par heure, lorsque le condenseur est composé de tuyaux de petit diamètre, est de huit à neuf kilogrammes pour chaque degré d'écart de température, si le réfrigérant employé est de l'eau. Dans le cas de l'air la condensation est infiniment moins active et ne dépasse guère 70 à 80 grammes, même lorsque l'air se renouvelle rapidement.

Admettons que la vapeur s'échappe des cylindres à 110° et que l'atmosphère de la galerie ne soit que de 10°. On condensera dans ces conditions 7 à 8 kilogrammes de vapeur par mètre carré de condenseur et par heure.

Or le trajet de 10 kilomètres et demi à faire en souterrain prendra une demi-heure; le poids de vapeur à condenser pendant ce temps sera d'environ 1000 kilogrammes : il faudra donc un condenseur à air de 250 mètres carrés.

Cet appareil n'est assurément pas inexécutable mais il sera d'un certain poids et diminuera d'autant l'approvisionnement d'eau chaude de la machine.

L'emploi de l'eau serait-il plus pratique? Il faudrait dans ce cas emporter environ 10 kilogrammes d'eau froide par kilogramme de vapeur à condenser, c'est-à-dire, 10 tonnes d'eau froide pour le parcours de 10 kilomètres : on réduirait ainsi de moitié l'approvisionnement d'eau chaude, c'est-à-dire le parcours possible, et l'on va faire voir que ce parcours est déjà singulièrement limité.

M. Regnard. On pourrait prendre de l'eau froide en route comme on le fait en Amérique et en Angleterre.

M. Mékarski ne le conteste pas en théorie, mais en pratique ce moyen serait d'un emploi bien difficile eu égard à la faible distance entre les stations. Il faudrait d'ailleurs pour cela placer le long de la voie des bâches d'alimentation dont l'installation nécessiterait l'élargissement du tunnel, ce qui représenterait une assez sérieuse augmentation des frais de construction.

Enfin une dernière raison ne permet pas de considérer ce système de locomotives comme susceptible de fournir une solution réellement satisfaisante pour l'exploitation du Métropolitain. Il y a effectivement de fortes présomptions que ces machines ne pourraient pas fournir un trajet suffisamment étendu pour être employées dans de bonnes conditions sur la

ligne circulaire intérieure qui doit constituer l'artère principale du Métropolitain.

M. Mékarski maintient que si on leur fait faire le même service qu'à des locomotives ordinaires brûlant 10 kilogrammes de charbon et par conséquent dépensant 70 à 80 kilogrammes de vapeur par kilomètre, les locomotives à eau surchauffée en dépenseront au moins 100 kilogrammes. Contester cette évaluation est s'inscrire en faux contre un fait, non seulement indiqué par la théorie, mais confirmé par la pratique en toutes circonstances, à savoir que les machines à vapeur dépensent plus de vapeur en fonctionnant à 4 kilogrammes qu'à 7.

De deux choses l'une : ou les locomotives à eau surchauffée seront construites absolument comme les locomotives ordinaires dans la chaudière desquelles la pression ne descend pas au-dessous de 7 kilogrammes, et alors elles ne pourront guère fonctionner au-dessous de cette pression ce qui limitera à 30° environ l'écart de température utilisé pour la vaporisation spontanée d'une partie de leur approvisionnement d'eau chaude; ou elles auront de plus grands cylindres de façon à pouvoir développer la même puissance avec une pression moindre. Dans ce dernier cas, elles marcheront forcément, dès le début, à une pression moyenne inférieure et dépenseront plus de vapeur, à travail égal.

Ce n'est certainement pas exagérer que d'admettre de ce chef une augmentation de 25 pour 100 dans le poids de vapeur dépensé par kilomètre de parcours.

Cela étant, si l'on admet que le 1/10e environ de l'approvisionnement initial d'eau chaude se vaporise pendant le trajet, ce qui correspond aux faits observés, on voit que cet approvisionnement doit être de 1,000 kilogrammes par kilomètre à parcourir.

Le développement de la ceinture intérieure serait d'environ 18 kilomètres ; il faudrait donc que ces locomotives emportassent 18 tonnes d'eau à 200°, c'est-à-dire à la pression de 15 atmosphères. En tenant compte de l'espace vide à réserver, comme chambre de vapeur le réservoir dans lequel serait logée cette masse d'eau aurait environ 20 mètres cubes de capacité et pèserait au moins 12 tonnes avec ses enveloppes isolantes. Le chargement de la machine serait donc de 30 tonnes ce qui conduirait à donner à celle-ci un poids total d'environ 50 tonnes, soit 17 tonnes par essieu si on voulait n'en avoir que trois. Et l'on aurait encore à combattre l'inconvénient de l'échappement de vapeur.

M. Mékarski croit apporter une solution plus simple et plus économique en proposant de recourir pour cette exploitation à des locomotives à air comprimé. Il ne s'étendra pas inutilement sur les avantages spéciaux que présenterait leur emploi au point de vue de la ventilation. Il est évident que non seulement la circulation de machines de ce genre ne viciera en rien l'atmosphère des galeries, mais que l'air qu'elles échapperont contribuera à en assurer le renouvellement. Il n'y aura plus d'ailleurs qu'à obvier à la viciation de l'atmosphère du souterrain par la respiration des voyageurs et

autres personnes traversant le tunnel, et il est facile de s'assurer que le résultat pourra être obtenu sans de grands efforts.

Un homme dégage en une heure, par sa respiration pulmonaire et cutanée, 13 litres d'acide carbonique, 61 grammes de vapeur et 80 calories, dont 37 restent latentes dans la vapeur expirée et 43 échauffent l'air ambiant.

Partant de là et considérant que chaque train restera environ une demi-heure dans le souterrain, on trouve que s'il contient 300 voyageurs il jettera sur son passage, par mètre courant,

0^{lit},195 d'acide carbonique;

0^{gr},915 de vapeur d'eau;

0,065 de calorie;

soit 10 fois moins d'acide carbonique, 80 fois moins de vapeur d'eau et 500 fois moins de chaleur que la locomotive elle-même.

Réduite à ces termes la solution du problème ne présente guère de difficultés.

Quant à la nécessité prétendue de rendre l'air plus léger pour assurer l'évacuation des gaz lourds qui tendraient à s'accumuler près du sol on oublie que le passage des trains suffira amplement à mélanger par une sorte de brassage tous les éléments de l'atmosphère.

L'objection que l'on pourrait tirer contre l'emploi de l'air comprimé des dépenses qu'entraînerait l'établissement d'usines pour sa fabrication n'est, dans l'espèce, guère sérieuse.

On ne peut, en effet, prétendre résoudre convenablement la question de ventilation sans faire certaines dépenses. Ce ne serait assurément pas un moyen économique que de dépenser 6 millions de plus par kilomètre comme on l'a fait à Londres en se jetant à travers les maisons pour établir les stations à ciel ouvert. Quelles sommes ne faudrait-il pas également employer pour assurer, par des moyens mécaniques, une bonne ventilation dans les conditions qui viennent d'être étudiées.

On peut mettre avantageusement en parallèle avec ces frais ceux relativement minimes que nécessiteraient l'établissement d'usines de compression. Ce sont d'ailleurs les seuls à considérer, car l'installation qu'elles nécessitent une fois faite, les locomotives à air comprimé fourniront la traction à aussi bon marché que celles à foyer.

M. Mékarski peut aujourd'hui appuyer cette affirmation sur des faits incontestables. Non seulement une pratique de plus de quatre années a démontré que les petites machines de ce genre, employées sur les tramways de Nantes, ne dépensent pas plus de charbon, et sont, à tous autres égards, plus économiques que les machines à vapeur de même puissance, employées sur d'autres lignes, mais il a fait, l'année dernière, dans les ateliers et avec l'obligeant concours de MM. Weyher et Richemond, de Pantin, des expériences précises pour déterminer pratiquement la dépense d'air de machines du même type que les locomotives qu'il propose pour l'exploitation du Métropolitain.

Ces locomotives seraient de la disposition Compound, si heureusement

et habilement appliquée à ce genre de machines par notre collègue, M. Mallet. Cette disposition permettrait d'user beaucoup plus largement de la détente, et d'introduire l'air dans la machine à une pression assez élevée, 10 kilogrammes, par exemple, ce qui réduira à assez peu de chose la perte de travail résultant de la chute de pression par le détendeur.

Dans les expériences auxquelles il est fait allusion et qui ont eu pour témoins plusieurs de nos collègues, avec d'autres personnes éminentes dans la science, on a constaté rigoureusement, au moyen d'un frein de Prony, le travail effectif fourni par un poids d'air déterminé, travaillant sur les pistons d'une machine Compound avec une expansion de huit volumes. Ce travail a été trouvé d'environ 24,000 kilogrammètres par kilogramme d'air ainsi employé.

Il en résulte qu'une locomotive à air comprimé de ce type, fournissant un effort de traction de 1000 kilogrammes; ce qui semble être considéré comme suffisant pour un train de 100 tonnes, ne dépenserait guère plus de 40 kilogrammes d'air par kilomètre.

Or, à la pression à laquelle devrait être emmagasiné l'air sur les locomotives, on peut comprimer au moins 5 kilogrammes par cheval et par heure, et ce n'est pas se faire trop d'illusions que d'évaluer au plus à $1^{k},25$ la consommation de charbon des grandes machines fixes qui seraient employées à ce service.

Les locomotives à air comprimé ne dépenseront donc pas plus de 10 kilogrammes de charbon par kilomètre c'est-à-dire seront, sous ce rapport, aussi économiques que les machines à foyer.

Quant à la possibilité d'emmagasiner sur les premières assez d'air pour fournir un trajet de 18 kilomètres, il suffira de dire que le type étudié pour cette application comporte un approvisionnement initial de 1,000 kilogrammes d'air.

Cet approvisionnement ne nécessitera des réservoirs ni très lourds ni très volumineux. Il sera contenu en effet dans 5 réservoirs cylindriques de $0^{m},850$ de diamètre et de 6 mètres de longueur empilés en batterie et enveloppés de façon à donner à la machine l'apparence extérieure des machines-tenders de l'Ouest et de la Ceinture, dont elle aura d'ailleurs exactement le gabarit.

La capacité totale de ces cinq réservoirs étant de 17 mètres cubes, le poids d'air indiqué sera atteint pour une pression de 50 kilogrammes par centimètre carré; les réservoirs seront en conséquence fabriqués en tôle d'acier doux de $0^{m},020$ d'épaisseur, travaillant, sous la pression de chargement, à $10^{k},625$ par millimètre carré de section. Dans ces conditions, le poids total de la batterie sera de 15 tonnes. Avec un réservoir d'eau chaude de capacité convenable, la machine, supposée à trois essieux accouplés, pèsera en tout 35 tonnes à vide et 38 tonnes en ordre de marche, c'est-à-dire avec 1,000 kilogrammes d'air et 2,000 kilogrammes d'eau à la température de 175°.

On a fait voir qu'en développant un effort de traction de 1,000 kilogram-

mes, elle ne dépensera que 40 kilogrammes d'air par kilomètre : elle pourra donc faire sans difficulté sur le Métropolitain le service de la Ceinture intérieure. A la station choisie pour le rechargement des locomotives le train changera de machine et la première renouvellera en quelques minutes son approvisionnement. L'usine de compression ne sera pas nécessairement à proximité de cette station : l'air pourra lui être envoyé d'assez loin par une conduite d'un petit diamètre.

On peut apprécier quelles facilités on aura sous ce rapport en se rappelant qu'à la pression de 50 atmosphères, 1,000 kilogrammes d'air occupent un volume de 17 mètres cubes. Il en résulte que pour faire passer par une conduite 800 kilogrammes d'air à cette pression, en 5 minutes, avec une vitesse de 2 mètres par seconde seulement, il suffit que la conduite ait 2 décimètres carrés de section ou $0^m,170$ de diamètre. Or, avec une aussi faible vitesse la perte de charge sera évidemment fort peu importante pour de très grandes distances.

On pourra donc placer, par exemple, les usines de compression à Puteaux ou à Bercy et recharger les locomotives à la place de l'Étoile ou à la station de raccordement du Métropolitain avec le chemin de fer de Vincennes.

M. Mékarski espère avoir démontré que cette solution serait absolument pratique : il est en droit d'ajouter qu'elle serait la plus économique. Toutes les autres entraîneront certainement des frais beaucoup plus considérables, à commencer par celle qui consisterait à dépenser en expropriation le double ou le triple du prix de la construction pour multiplier les parties à ciel ouvert.

On peut citer d'ailleurs un exemple pratique des avantages spéciaux que présente l'emploi des locomotives à air comprimé dans les galeries souterraines. De petites machines de ce genre fonctionnent, aux mines de Graissessac, depuis le mois de septembre 1879, dans une galerie de 2 mètres de hauteur et 2 mètres de largeur dont la ventilation était fort imparfaite lorsque les transports s'y faisaient au moyen de chevaux : aujourd'hui l'on est aussi à l'aise dans ce petit boyau souterrain que dans les tunnels de chemins de fer les mieux aérés.

Il en serait assurément de même sur le Métropolitain de Paris et il ne faudrait employer pour cela que des machines tout à fait analogues aux locomotives ordinaires, ni plus lourdes, ni plus volumineuses.

M. Regnard est très partisan de l'adoption, dans ce cas comme dans les autres, de la disposition Compound. Il fait observer qu'elle présente pour les locomotives, entre autres avantages, celui d'augmenter beaucoup la puissance de démarrage.

Quant aux difficultés de la ventilation, il rappelle que le Métropolitain de Londres est, dans sa partie nord, en souterrain continu sur 3 kilomètres environ de longueur. Or on a transporté sur ce chemin dans les 6 premiers mois de l'exercice courant, 36 millions de voyageurs, ce qui ne semble pas indiquer que ce passage fasse reculer beaucoup de monde.

M. Regnard reconnait d'ailleurs les mérites des machines de M. Mékarski : il les a vu fonctionner à Nantes d'une façon tout à fait satisfaisante. Il a été également l'un des témoins des expériences faites chez MM. Weyher et Richemond sur une machine Compound. Il est certain pour lui que si l'on ne peut éviter, dans le tracé, des souterrains de très grande longueur, l'emploi des locomotives à air comprimé sera la meilleure solution.

M. Mékarski répond que les trois kilomètres dont parle M. Regnard donnent à la Compagnie de Londres, depuis l'origine, énormément de soucis et qu'elle a essayé bien des dispositions, plus ou moins efficaces, pour y améliorer les conditions de la ventilation. Tout le monde sait qu'elle n'est pas encore arrivée à un résultat satisfaisant et que la traversée de cette partie est fort peu agréable. On n'a même pas la ressource comme au mont Cenis et au Saint-Gothard, de fermer les glaces de son compartiment pour empêcher l'introduction de l'air vicié, puisque il y a sur le parcours, deux ou trois stations souterraines où l'un ou l'autre des voyageurs est dans le cas d'ouvrir la portière.

C'est en grande partie pour échapper aux inconvénients révélés par l'exploitation de cette section du Métropolitain de Londres que l'on n'a pas hésité, en le continuant et en construisant le District Railway, à se jeter à travers les maisons, afin de multiplier les jours. On sait que l'on a ainsi triplé les dépenses de construction.

M. le Président remercie M. Mékarski des abondants renseignements qu'il a apportés sur une question très intéressante : il a rempli ainsi le désir de M. le Président Marché.

Il l'a fait avec une élégance à laquelle il convient de rendre hommage. Quant aux points sur lesquels il est en désaccord avec M. Francq celui-ci pourra répondre dans une prochaine séance.

MM. Henry et Rubé ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

VOYAGE AU HAVRE

3e Séance, Samedi soir 31 mars 1883, à bord de LA NORMANDIE

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à neuf heures.

M. LE PRÉSIDENT en ouvrant la séance constate une véritable prise de possession de la *Normandie* par la Société des Ingénieurs civils.

M. CHABRIER est heureux de pouvoir déclarer que la Société est chez elle à bord.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Chabrier de l'accueil fait à la Société par la Compagnie transatlantique; il donne la parole à M. Boistel, qui a bien voulu se charger de nous donner quelques détails sur l'éclairage électrique de la *Normandie*, et sur les machines qui servent à cet éclairage.

M. BOISTEL s'exprime ainsi : Messieurs, ainsi que M. Marché, notre sympathique Président, vient de le dire, il a pensé qu'à bord d'un navire sur lequel nous avons le plaisir de recevoir une hospitalité très cordiale, et qui doit être éclairé à la lumière électrique, il était bon de faire précéder d'une communication relative à cet éclairage, la visite qui doit être faite demain et les explications qui doivent être données par les ingénieurs éminents de la Compagnie transatlantique.

Pour me conformer en outre à un vœu formulé je rappellerai, en quelques mots, la façon dont se produit le courant électrique.

NOTA. La Société n'est pas responsable des opinions de chacun de ses Membres, même dans la publication de ses Bulletins. (Art. 35 des Statuts.)

Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du bureau. (Art. 87 du règlement.)

Je réclamerai tout d'abord votre indulgence en faveur de l'éclairage de ce soir, qui n'est pas aussi complet ni aussi beau qu'il le sera dans l'avenir. L'installation n'est pas terminée, toutes les lampes ne sont pas en place; il y en a à peine une vingtaine dans cette salle. Ces lampes sont arrivées seulement ce soir à cinq heures, et pour les installer il a fallu un véritable tour de force, et un grand dévouement de la part des personnes qui se sont occupées de les faire marcher.

De plus, la chaudière qui doit alimenter, en marche normale, les moteurs qui mettent en mouvement les machines électriques, n'est pas en feu, en ce moment; on se sert, ce soir, d'une chaudière qui alimente ordinairement les petits chevaux-vapeurs et qui a, en outre, dans le cas actuel, l'inconvénient d'être placée très loin des machines auxquelles elle doit fournir de la vapeur: il y a une condensation considérable, et c'est ce qui fait que l'éclairage ne sera peut-être pas très fixe. Par conséquent, je réclame toute votre indulgence; c'est tout à fait le premier essai qu'on fait à bord de ce bâtiment, et tout n'est pas encore réglé comme lorsque l'installation sera complète et définitive.

Je ne veux pas faire ici, bien entendu, un cours d'électricité, ni d'éclairage électrique; je pense que vous savez tous, après les savantes communications faites à la Société des Ingénieurs civils et les discussions intéressantes qui se sont produites, ce que c'est qu'un courant électrique; vous savez au moins comment il se caractérise, et vous connaissez tous ses qualités. Je ne parlerai pas non plus des moyens qui servent à apprécier le courant, à le mesurer et à le régler suivant les qualités qu'on a besoin d'utiliser. J'aborderai la question de la production du courant, et je ne rappellerai, que pour mémoire, les lois de Ohm et de Joule, qui règlent les rapports qui existent entre l'intensité d'un courant, sa force électromotrice, son intensité et la chaleur qu'il développe. Vous connaissez la loi de Ohm, qui dit que la résistance d'un courant est proportionnelle à la force électromotrice et inversement proportionnelle à la résistance du conducteur, ainsi que celle de Joule, d'après laquelle la quantité de chaleur produite par un courant est proportionnelle au carré de l'intensité du courant et à la résistance du conducteur. Je ne ferai pas de théorie, ce soir; nous ne sommes pas ici à une séance ordinaire de la Société des Ingénieurs civils, où les questions de pure théorie peuvent trouver place, nous sommes ici pour envisager la question de l'éclairage électrique au point de vue pratique.

Ainsi que vous le savez, les sources presque uniques de production d'électricité, en ce qui concerne l'éclairage, sont des machines dynamo et magnéto-électriques. Les piles, qui ont rendu de grands services jusqu'à la construction de ces machines, sont des moyens de production de courant très coûteux, et, jusqu'à ce qu'on ait trouvé (ce qui, j'espère, se fera dans un avenir peu éloigné) une source d'électricité plus économique, les piles seront reléguées au dernier plan pour la production des courants intenses dont on a besoin pour l'éclairage électrique. Il faut

donc recourir à des machines qui transforment la force mécanique en électricité.

Les deux types de machines à l'aide desquelles on produit l'électricité sont les machines magnéto-électriques et les machines dynamo-électriques. Ces deux machines empruntent leur principe d'action à la grande loi découverte par Œrstedt, en 1820, et complétée plus tard et successivement par Ampère, Arago et Faraday, la grande loi de l'induction.

Vous savez que, lorsqu'on fait passer un courant électrique dans une bobine composée de fil de cuivre enroulé en spirale, lorsqu'on vient à introduire dans cette bobine une autre bobine composée également de fil de cuivre, il se produit un courant au moment où cette seconde bobine est introduite dans la première. Dès qu'on approche la seconde bobine, il se produit, dans celle-ci, un courant; de même, lorsqu'on éloigne la seconde bobine, il y a également production d'un autre courant; et ces courants sont de même sens ou de sens opposé, suivant qu'on éloigne les bobines ou qu'on les rapproche l'une de l'autre. Le premier courant, celui qui passe dans la première bobine et donne naissance au courant dans la seconde bobine est appelé *inducteur:* le second a reçu le nom de *courant induit* ou *courant d'induction.* C'est sur ce principe que sont fondées les machines magnéto et dynamo-électriques, qu'on utilise pour l'éclairage électrique.

Vous savez également qu'avant la découverte par Ampère, de l'induction d'un courant par un autre courant, on connaissait l'induction d'un courant par un aimant. Si l'on approche d'un aimant une bobine de fil de cuivre, un circuit métallique fermé, il se produit dans ce circuit un courant. C'est sur cette analogie qui existe entre l'électricité et le magnétisme que sont basés les électro-aimants.

Il y a donc deux classes de machines servant à produire l'électricité : les machines magnéto-électriques qui empruntent leur force primordiale à l'aimant seulement, et les machines dynamo-électriques, qui l'empruntent à l'électro-aimant. C'est cette bobine, dans laquelle passe un courant qui transforme le noyau de fer en un véritable aimant. Par conséquent, les premières machines électriques qui ont été faites, avant la découverte de ces phénomènes, ont été établies sur le principe de l'induction au moyen d'aimants, ce sont des machines magnéto-électriques: les plus anciennes sont celles de Pixii, de Clarke, et celle de l'Alliance. Dans la machine de l'Alliance, il y a une série d'aimants permanents, entre lesquels tournent les bobines de fil de cuivre dans lesquelles le courant est induit, en présence des pôles des aimants permanents. Cette machine marche bien, mais elle a l'inconvénient de coûter très cher.

En 1867, M. Werner Siemens a, le premier, signalé que ces aimants permanents pouvaient être remplacés par des électro-aimants. Il s'est basé sur un fait, qui n'avait pas été observé jusqu'alors, et qu'il venait de découvrir : c'est que le fer doux, c'est-à-dire le fer qui ne contient aucune trace de carbone, — ce fer doux, qui jusqu'alors avait été considéré comme ne

pouvant pas retenir le magnétisme, comme perdant sa vertu magnétique lorsque le courant avait cessé, conserve, quelque peu aimanté qu'il ait été, des traces de magnétisme, lequel, sous certaines influences et grâce à des dispositions convenablement combinées, peut se développer et donner naissance à des courants induits. Il a appelé *magnétisme rémanent*, le magnétisme qui reste dans le fer doux, quelque peu aimanté qu'il ait été. Dans la construction des machines, il n'est pas nécessaire d'avoir préalablement aimanté ce fer : il suffit qu'il ait été soumis à l'action du magnétisme terrestre, et le peu de magnétisme qu'il a acquis et qu'il conserve sous cette action, suffit pour donner naissance à des courants qui peuvent être considérablement amplifiés.

Par conséquent, si nous considérons une machine dynamo-électrique, par exemple, comme celle que je vous soumets et que vous avez en ce moment sous les yeux, nous voyons qu'elle se compose de deux parties bien distinctes : il y a la partie de la machine qui sert d'inducteur, qui sert à engendrer le courant et la partie dans laquelle le courant est réellement engendré, induit par l'induction.

La machine que vous voyez est précisément une machine dynamo-électrique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'aimants permanents, il n'y a aucune pièce qui conserve des traces notables de magnétisme, comme dans les machines de l'Alliance ; ici, il n'y a que des électro-aimants.

Cette machine (je dois dire que toutes les machines de ce genre ont des dispositions de construction plus ou moins analogues) cette machine consiste essentiellement en une bobine de fil de cuivre, portée par un arbre en acier. Cet arbre est supporté par deux tourillons. La bobine peut être mise en mouvement au moyen d'une poulie actionnée par une courroie ou un engrenage. Le courant se développe dans la bobine sous l'influence des inducteurs. Ce sont ces quatre bobines que vous voyez, dont deux se trouvent à la partie supérieure, et deux à la partie inférieure. Ces inducteurs sont composés d'une carcasse en tôle, sur laquelle un fil de cuivre isolé est enroulé de manière à couvrir la surface de la carcasse métallique de plusieurs rangs d'épaisseur ; ici, il y a quatre rangs de fil. Ces quatre bobines, ces quatre carcasses en tôle sont creuses et traversées par quatre barres de fer doux, aimanté sous l'influence du magnétisme terrestre. Ces barres de fer pénètrent dans l'intérieur des bobines, et sont cintrées au milieu de façon à épouser parfaitement la forme de la bobine centrale rotative. Cet ensemble constitue les quatre électro-aimants qui sont les inducteurs.

La bobine centrale est constituée par l'arbre en acier dont je vous parlais tout à l'heure. Il y a plusieurs dispositions : la plus simple consiste en une bobine en bois, montée et calée sur l'arbre en acier, et formée de plusieurs rondelles, de façon à éviter que le bois ne puisse jouer. Sur cette bobine en bois, qui forme l'âme de la bobine centrale, est enroulé du fil de fer ; on pourrait le remplacer par une masse de fer quelconque, mais il est préférable, pour éviter certains phénomènes,

d'employer du fil de fer : il remplace avantageusement la masse de fer solide. Il est enroulé comme on enroule le fil sur une bobine, c'est-à-dire concentriquement à l'axe, et sur une certaine épaisseur, de façon à constituer un cylindre de fer. Sur ce cylindre en fil de fer enroulé concentriquement à l'axe, est enroulé le fil de cuivre, dans lequel se produit le courant induit, enroulé, non plus perpendiculairement comme le fil de fer, mais longitudinalement et parallèlement à l'axe.

En outre, la bobine, terminée par deux plateaux, est divisée en une série de secteurs, au moyen de petites fiches en bois. Ici, la bobine est divisée en 36 parties : elles sont indiquées par 36 fentes pratiquées dans les tourteaux en bronze ; dans chacune de ces fentes est placée une petite fiche en bois, lorsque le fil n'est pas enroulé. On enroule le fil de cuivre sur une génératrice comprise entre deux des petites fiches en bois et on fait la même opération en dessous, de façon à former une hélice composée de 4 à 5 rangs d'épaisseur de fil ; lorsqu'une hélice est faite, on passe à la suivante, et on enroule encore ce fil de cuivre sur 4 à 5 rangs d'épaisseur, de façon à remplir successivement ces 36 secteurs longitudinaux d'une même couche de fil ; mais c'est le même fil qui est enroulé sur toute la surface de la bobine, de telle sorte que, si on mettait les extrémités du fil en communication avec les deux pôles d'une pile, le courant passerait dans toute la bobine.

Nous allons voir maintenant comment on recueille le courant, sur cette bobine. Vous voyez que cette extrémité-ci est libre ; mais, à l'autre extrémité, lorsqu'on a fini une des 36 spires dont je viens de parler, sur 4 ou 5 rangs d'épaisseur, on forme une boucle de fil, qu'on laisse dépasser, puis, on continue et l'on fait la spire suivante, en laissant encore une boucle de fil qui dépasse à l'extrémité, et, lorsque l'opération de l'enroulement est finie, on coupe toutes ces boucles de fil de cuivre, et on vient souder les 72 bouts, deux à deux, à une lame de zinc, qui est à l'extrémité de la bobine ; chacune de ces lames de zinc est soudée à une lame de cuivre, et les 36 lames de cuivre qui sont ici constituent ce que l'on appelle le *collecteur*.

Ces 36 lames de cuivre sont séparées l'une de l'autre par une couche de substance isolante, soit de carton d'amiante, soit de plâtre. Par conséquent, cette bobine est formée d'abord de 36 spires séparées ensuite de façon à être isolées, et aboutissant chacune à une lame de cuivre ; ces 36 lames de cuivre constituent le collecteur. Vous comprenez que, si nous venons placer deux frottoirs métalliques, disposés comme le sont ces deux balais, et les faire frotter aux deux extrémités opposées d'un même diamètre de ce collecteur, nous pourrons récolter sur ces balais, tout le courant engendré dans la bobine.

Je vous ai dit tout à l'heure que dans les machines magnéto-électriques, il y a des aimants permanents, et que c'était par le passage des spires de fil de cuivre devant les pôles des aimants que se développait le courant induit.

Ici, nous n'avons plus d'aimants : nous n'avons que des électro-aimants; mais vous voyez que ces électro-aimants sont reliés, par l'intermédiaire de fils de cuivre avec les balais, de sorte que, finalement, c'est un seul circuit qui est formé par les 4 bobines d'électro-aimants et par la bobine placée au centre de la machine. En vertu de la loi de Faraday, ou plutôt, du principe de Faraday que vous vous rappelez tous, qui établit que lorsqu'un courant passe dans un conducteur, il se forme un pôle nord à la gauche d'un observateur qui serait couché sur le courant, de sorte que le courant entre par les pieds et sort par la tête de cet observateur regardant l'aiguille aimantée; si un pôle nord se produit de ce côté-ci, on a un pôle sud de l'autre côté, un pôle positif d'un côté, et un pôle négatif de l'autre; de telle sorte que les bobines inductrices forment un aimant et, par conséquent, développent, d'un côté, une ligne de pôle nord, et de l'autre, une ligne de pôle sud; de sorte que, lorsque la machine est en marche, et que le courant est fermé, si l'on approche un morceau de fer, il est attiré par l'un ou l'autre des pôles. Les 4 bobines inductrices remplacent ici les aimants permanents qui existent dans les machines magnéto-électriques : il se développe, de chaque côté, un pôle de nom contraire, comme ceux des aimants en fer à cheval; sous l'influence de la rotation de la machine, lorsqu'une spire de fil de cuivre va s'approcher de ce pôle, il s'y développera un courant d'induction. Maintenant, il est bien certain que, si nous considérons les deux pôles de ces électro-aimants comme situés sur une ligne horizontale, nous aurons, au contraire, sur le diamètre vertical passant par l'axe de la machine, deux points neutres; c'est-à-dire que le courant sera nul sur la ligne verticale passant par l'axe de la machine. Si nous considérons la machine en rotation, et une spire placée à la partie supérieure de la bobine, lorsque la bobine tournera, cette spire s'approchera du pôle nord, par exemple; donc, il va se développer dans celle-ci un courant dont le sens est déterminé par la direction du courant dans les inducteurs et par la nature du pôle; c'est-à-dire que si le courant circule dans un sens en s'approchant du pôle nord, il est d'une certaine polarité, tandis que, s'il circule dans le même sens en s'approchant du pôle sud, il est de polarité inverse.

Lorsque nous considérons le fil de cuivre, la spire qui est à la partie supérieure de la bobine se rapproche, dans le mouvement de rotation de la machine, du pôle nord, l'autre partie de la même spire s'approche en même temps du pôle sud; mais comme le courant suit une marche déterminée par la nature des pôles, il marchera, je suppose, de l'avant à l'arrière de la machine, en passant devant le pôle nord, mais il marchera, au contraire, de l'arrière à l'avant de la machine, en passant devant le pôle sud. En vertu de la loi de Faraday, il se fait que le courant circulant dans une partie de la spire dans un sens, en s'approchant du pôle nord, et le courant circulant dans l'autre partie de la même spire, en sens inverse, en s'approchant du pôle sud, viennent se confondre et forment un seul courant continu; par conséquent, le courant qui circule dans cette

machine est un courant continu, c'est-à-dire un courant partant toujours d'un même pôle de la machine et rentrant toujours aussi au même pôle. Si nous mettons ces deux pôles en communication, avec une lampe comme celle-ci, de façon à utiliser le courant; cette lampe s'allumera.

Théoriquement, comme le courant change de sens aux points neutres et que ces points sont aux extrémités du diamètre vertical de la machine, c'est là qu'il faut recueillir le courant.

Par conséquent, lorsqu'une machine est disposée comme celle que vous avez sous les yeux, c'est en haut et en bas qu'il faut recueillir le courant; le courant, changeant de polarité suivant qu'il passe devant le pôle nord ou devant le pôle sud, c'est au point neutre qu'il faudrait théoriquement recueillir le courant; en pratique, en vertu de certains phénomènes particuliers qui se produisent, ce n'est pas exactement sur les points neutres qu'il faut recueillir le courant.

D'abord l'électricité, quelque grande que soit sa vitesse, n'est pas instantanée; il lui faut un certain temps pour parcourir cette bobine; par conséquent, ce n'est pas précisément aux points théoriquement neutres qu'il faut recueillir le courant. En plus, il y a un entraînement du champ magnétique dans le sens de la rotation; de sorte qu'il faut recueillir le courant, non pas au point neutre, mais un peu après, dans le sens du mouvement. Vous voyez que ces balais, qui devraient être horizontaux, sont inclinés, de façon à ne pas recueillir le courant sur la génératrice verticale, mais un peu au delà. Donc il faut recueillir le courant un peu après le point neutre pour avoir le meilleur rendement.

Je crois que ces quelques explications suffisent pour vous faire comprendre la nature et le fonctionnement de la machine dynamo-électrique.

L'utilisation de ces machines dynamo-électriques varie beaucoup. La même machine n'est pas apte à remplir toutes les conditions d'un éclairage différent de celui auquel elle est destinée, et encore moins d'un éclairage et d'une transmission de force. Laissant de côté la question de transmission de force, je me bornerai, ce soir, à vous parler de l'éclairage électrique.

Et d'abord, toute machine n'est pas bonne à alimenter n'importe quelle lampe : les différentes lampes exigent des différences de tension et de quantité, suivant leur nature, et, par conséquent, une machine qui produit des courants de quantité ne serait pas bonne pour alimenter des lampes qui exigent des courants de haute tension. On produit un courant de tension ou un courant de quantité en faisant varier le diamètre du fil de la bobine et la vitesse de la machine.

D'une façon générale, plus une machine a du fil gros enroulé sur la bobine, plus elle donne de quantité; plus, au contraire, le fil est fin et plus la vitesse est grande, plus la machine donne de tension. C'est exactement le même phénomène que celui qui se produit dans une conduite d'eau, et c'est la comparaison qu'on fait toujours entre la circulation de l'eau et la circulation électrique : si vous avez une grosse conduite d'eau, vous pouvez

débiter une grande quantité d'eau, mais avec une faible pression et une très petite vitesse; si, au contraire, vous faites passer cette eau dans une conduite de petit diamètre, vous pouvez obtenir un débit équivalent à celui du cas précédent, mais la pression devra être plus forte et la vitesse plus grande. Par conséquent, il y a toujours une certaine relation entre la force électromotrice et le courant, qui peut être assimilé à l'eau qui passe dans une conduite. Plus le fil est gros, plus le courant est intense et moins il y a de force électromotrice; plus le fil est fin, plus le courant éprouve de résistance, et plus aussi la force électromotrice augmente. Ainsi, avec cette carcasse de machine, on peut faire des machines de natures diverses, en variant le diamètre du fil. Si nous employons du gros fil au lieu de fil fin, nous aurons une grande intensité de courant, avec une faible tension; si, au contraire, nous employons du fil fin, nous aurons une machine à grande tension, mais l'intensité du courant, que nous avons comparée au débit d'une conduite d'eau, sera plus faible.

Les différentes lampes électriques exigent des courants de qualités différentes; les lampes à arc voltaïque marchent en moyenne avec 10 à 12 ampères et exigent une force électromotrice de 40 à 50 volts; tandis que les lampes à incandescence, comme celles que vous voyez ici, exigent un courant de plus faible intensité, mais de plus grande tension; elles marchent avec 0,6 d'ampère, mais à une centaine de volts de force électromotrice. Par conséquent, toute machine donnée n'est pas apte à faire marcher indistinctement des lampes à incandescence ou des lampes à arc, mais on peut toujours lui faire faire l'un ou l'autre de ces genres d'éclairage en la modifiant en employant, suivant le cas, du gros fil ou du fil fin.

Je vous dirai deux mots, puisque nous entrons dans la description des appareils spéciaux qui sont à bord de ce navire, des lampes à arc et des lampes à incandescence.

Vous avez tous vu des lampes à arc : la lampe Serrin, qui pendant longtemps a émerveillé les Parisiens, lorsqu'on faisait des projections du haut de la porte Saint-Martin. C'est le premier type de lampe industrielle à arc; elle n'était alimentée alors que par des piles, mais elle peut marcher avec des machines qui produisent des courants plus intenses.

D'une façon générale, vous savez que, pour produire l'éclairage électrique, il faut utiliser un courant de façon à lui offrir, sur son parcours, à certains points du circuit, une résistance assez considérable, car la lumière électrique n'est pas, comme les autres éclairages, le résultat d'une combustion de principes carburés, elle est le résultat d'une incandescence; et vous savez tous que, lorsqu'on fait traverser un conducteur à un courant, de la chaleur se développe dans ce conducteur, et cette chaleur est proportionnelle à la résistance qu'offre ce conducteur au passage du courant; c'est-à-dire que si vous faites passer le courant par un gros fil, il ne chauffera pas; si, au contraire, vous faites passer le même courant par un petit fil, la

résistance augmentant, la force électromotrice ou la tension augmentera de même, et le conducteur chauffera fortement.

Pour produire l'éclairage électrique, il faut interposer sur le circuit une résistance au passage du courant. Vous voyez ici les deux pôles de la machine; ce sont les pôles correspondant au pôle zinc et au pôle charbon de la pile Bunsen; nous formons ici un circuit; s'il est composé d'un fil de cuivre de gros diamètre, il chauffera peu, puisque la résistance sera peu considérable, et nous n'aurons aucun résultat d'éclairage. Si, au contraire, le circuit est composé de fil fin, il s'échauffera par suite de la résistance qui augmentera la tension du courant, et il produira un certain éclairage.

Maintenant, au lieu de créer la résistance par l'emploi d'un fil de cuivre très fin, nous pouvons interposer sur le parcours du courant, deux charbons. Voici le charbon qu'on emploie : c'est un charbon provenant des cornues à gaz, très dense et assez homogène, il se produit dans les cornues dans lesquelles on distille la houille pour la fabrication du gaz.

On le pulvérise, on le lave pour enlever toutes les matières étrangères, toutes les parties alcalines qu'il contient; puis on en fait une pâte dont on fait des baguettes de certaines dimensions, qu'on trempe à plusieurs reprises dans des dissolutions de sucre; on les dessèche ensuite et on les carbonise lentement, de façon à introduire dans tous les pores du charbon du sucre qui donne au charbon une grande homogénéité.

Dans les lampes à arc, c'est ainsi qu'on procède.

Le charbon a une propriété particulière qui le rend apte à l'éclairage électrique. Tout conducteur peut être utilisé pour l'arc voltaïque; on peut prendre deux électrodes en cuivre, par exemple, et faire jaillir l'étincelle; mais le cuivre se déformerait sous l'action du courant, il entrerait en fusion et produirait une cendre qui gênerait la combustion; tandis que le charbon est infusible; il est volatil, brûle facilement, et on le prépare de telle sorte que les cendres ne gênent pas. Il suffit d'interposer sur le passage du courant deux charbons, de façon que l'arc voltaïque jaillisse entre eux, ces charbons deviennent, sous l'influence du courant, d'un rouge blanc.

On a imaginé beaucoup de systèmes de lampes à régulateur, parce que, au fur et à mesure que les charbons s'usent, l'arc tend à s'allonger; lorsque le courant est réglé pour une résistance donnée, si l'arc vient à s'allonger, la résistance augmente, et l'intensité du courant diminue.

Il faut donc, au fur et à mesure de l'usure des charbons, pouvoir les rapprocher au moyen d'un mécanisme, pour maintenir entre eux une distance constante.

Avec des lampes verticales, par exemple, où les charbons sont placés l'un au-dessous de l'autre, lorsqu'on fait usage de machines à courant continu, on remarque que le charbon positif s'use deux fois plus vite que le charbon négatif; par conséquent, il faut faire descendre le charbon positif, s'il est en haut, deux fois plus vite que ne monte le charbon négatif. Il y a un mécanisme assez compliqué, renfermé dans l'intérieur de la lampe, pour

opérer ce rapprochement nécessaire à son fonctionnement : c'est un mouvement double.

Le charbon supérieur est généralement le pôle positif, parce qu'il est en même temps le lieu d'une incandescence plus considérable que le pôle négatif, et forme un cratère incandescent qui rend l'arc très éclairant; il résulte du transport des molécules de l'électrode positif vers l'électrode négatif que le charbon positif se creuse, tandis que le charbon négatif reste taillé en pointe.

Lorsqu'on se sert de lampes à courant continu, on utilise cette propriété pour obtenir du charbon supérieur une sorte de petit cratère qui renvoie la lumière vers le sol.

Il y a toute une série de lampes à arc voltaïque; bien entendu, je n'entreprendrai pas de vous les décrire toutes. J'ai sous les yeux la *lampe différentielle* de MM. Siemens; je vous en dirai deux mots.

Voici la lampe ordinaire, à point lumineux fixe. Vous voyez les deux porte-charbons : celui inférieur est relié à un ressort qui exerce une pression; l'autre se meut dans une pièce mobile au moyen d'une crémaillère et peut descendre, de façon qu'au fur et à mesure de leur usure les charbons puissent se rapprocher.

Mais, dans les régulateurs anciens, qui n'utilisaient pas le principe différentiel, il était impossible de mettre plusieurs lampes sur le même circuit; une machine ne pouvait alimenter qu'une seule lampe. Et cela est facile à comprendre : lorsque deux régulateurs étaient en tension sur un même circuit, les variations de résistance qui se produisaient par suite de l'allongement ou du raccourcissement de l'arc de l'une des lampes se faisaient sentir sur tout le circuit, et avaient par conséquent une influence sur la longueur de l'arc de l'autre lampe; on ne pouvait pas mettre deux ou plusieurs lampes sur un même circuit, parce qu'il était impossible d'admettre que toutes les lampes n'auraient pas leur longueur normale d'arc. L'éclairage général souffrait de l'imperfection de la marche des lampes.

Avec la lampe différentielle, cet inconvénient disparaît complètement.

Cette lampe est essentiellement constituée par un tube en cuivre, sur lequel sont montées deux bobines. Dans ce tube se meut un barreau en fer doux qui est attiré en haut ou en bas par l'une ou l'autre des deux bobines, suivant que le courant passe avec plus d'intensité dans l'une ou dans l'autre; en vertu de la loi d'attraction, dès que le courant passe dans la bobine inférieure, le barreau en fer doux est attiré en bas; si, au contraire, le courant passe dans la bobine supérieure, le barreau est attiré en haut.

Lorsque le courant passe dans la bobine inférieure à gros fil, il attire en bas et maintient les deux charbons à la distance convenable pour produire l'arc, l'éclairage se fait dans de bonnes conditions.

Mais, lorsque les deux charbons sont venus à s'user, quand l'arc s'allonge et que la résistance augmente, le courant trouve une certaine difficulté à suivre le chemin qu'il suivait tout à l'heure il se divise alors car il y a deux brins, un gros et un petit ce dernier, passe par la bobine supérieure;

si l'arc s'allonge, le courant trouvant de la difficulté pour passer par la bobine inférieure, se divise alors suivant la loi qui régit les dérivations, cette loi est la même que celle qui régit un écoulement d'eau : le courant se dérive, et une plus grande partie passe alors par la bobine supérieure et une plus faible partie par la bobine inférieure.

En marche normale, en effet, le courant se dérive toujours : une petite partie du courant passe par la bobine supérieure, mais comme les résistances des deux bobines sont dans la proportion de 1 à 1.000 il ne passe réellement, en marche normale, dans la bobine supérieure que la millième partie du courant. Mais, si l'arc vient à s'allonger, il passe une plus grande quantité de courant dans la bobine supérieure, et alors elle prend une certaine prépondérance relativement à ce qu'elle avait tout à l'heure, et elle attire en haut le barreau de fer doux qui est dans le tube et qui est fixé à l'extrémité d'un levier, il y a déclenchement du mécanisme par le mouvement de ce levier, et alors, sous l'influence du déclenchement, le porte-charbon supérieur descend et les charbons se rapprochent. Lorsque l'arc est revenu à sa longueur normale, le courant se reprend à passer avec plus d'énergie dans la bobine inférieure, l'équilibre se rétablit et l'arc redevient normal. C'est en vertu de la différence de résistance de ces deux bobines, établie dans la proportion de 1 à 1.000 une fois pour toutes, que le courant passe plus ou moins dans l'une ou dans l'autre et produit le déclanchement qui fait descendre le porte-charbon supérieur et rapproche les deux charbons. Le résultat obtenu dépend de la différence de résistance des bobines. Si la machine augmente de vitesse, la lampe n'est presque pas sensible à cette variation de vitesse; tandis que les lampes anciennes, où il n'y a pas ce principe différentiel, étaient beaucoup plus sensibles à ces variations.

Voilà le principe de la lampe à arc voltaïque.

Je vous dirai deux mots maintenant des lampes à incandescence, qui ont fait, pour ainsi dire, leur apparition à l'Exposition d'électricité qui a eu lieu à Paris en 1881. Elles sont fondées sur le même principe que celui que je vous citais tout à l'heure, c'est-à-dire que la chaleur développée dans un conducteur est proportionnelle au carré de l'intensité du courant et à la résistance de ce conducteur. Lorsque nous considérons deux charbons interposés dans un circuit et séparés par une certaine distance, j'ai dit tout à l'heure que les deux pointes rougissaient; lorsque les charbons sont dans l'air il y a combustion des deux charbons. Mais si nous prenons un conducteur continu et que nous l'enfermions dans une petite ampoule en verre dans laquelle on a fait le vide, nous pourrons faire rougir le charbon au point de le rendre blanc, sans qu'il y ait combustion.

C'est ce qui se passe dans les lampes à incandescence. Vous pouvez voir, en regardant ces lampes, qu'il y a un petit fil très ténu qu'on croit, à tort, être du platine, mais qui est réellement du charbon. Dans la lampe Swan, qui nous éclaire en ce moment, c'est un fil de coton carbonisé et fabriqué dans des moules spéciaux. C'est une fabrication très délicate; on carbonise

d'abord ce filament et on le place dans une ampoule en verre. On ferme cette ampoule à la lampe, tandis qu'on y a fait le vide. Il y a plusieurs espèces de lampes à incandescence : il y a la lampe Edison, qui est à peu près la même que la lampe Swan; seulement le filament, qui est en carbone dans les deux lampes, est d'origine différente dans la lampe Édison : pour laquelle on emploie un filament de bambou. Le carton a été employé par M. Maxim, et M. Lane-Fox a employé un filament de chiendent, mais finalement c'est toujours un filament de carbone.

Il suffit de faire passer dans ce filament un courant d'une certaine force électromotrice pour qu'il rougisse, et même blanchisse. Lorsque le courant est énergique, il se produit la lumière que vous voyez en ce moment-ci. Comme on a fait le vide dans l'ampoule, il n'y a pas d'oxygène, par conséquent pas d'usure du filament de carbone, qui ne peut brûler, et ces lampes peuvent durer un très grand nombre d'heures. Cependant, vous vous rappelez ce principe des anciens : « La nature a horreur du vide! » Il n'est pas possible de conserver indéfiniment le vide : à la longue, l'air rentre et pénètre à travers les pores du verre, le charbon se désagrège, le filament finit par s'user, et ces lampes n'ont pas une durée illimitée; elles peuvent durer 800, 1.000 heures; j'en ai vu qui ont duré 2.200 heures, mais ce sont des exceptions; en pratique, on peut compter sur une durée moyenne de 800 à 1.000 heures.

J'ai à peu près fini, Messieurs; je vous ai dit à peu près tout ce qui concerne la production du courant électrique, et les deux dispositions spéciales de lampes, la lampe à arc voltaïque et la lampe à incandescence, qui sont à bord de ce navire. J'aurais deux mots à ajouter pour vous dire que la machine à courant continu que je vous ai décrite n'est pas la seule qui serve à l'éclairage électrique : on emploie aussi la machine à courants alternatifs, dans ce cas chacun des charbons est successivement et alternativement positif et négatif, les deux charbons se taillant alternativement en pointe et en creux, s'usent dans la même proportion, et, de ce fait, leurs pointes restent les mêmes. Le mécanisme n'a donc plus besoin de faire en sorte que le charbon supérieur descende deux fois plus vite que le charbon inférieur ne monte; les charbons s'usant de la même façon, il faut les rapprocher de manière à maintenir l'arc d'une longueur constante.

Je n'ai pas ici de modèle de machines à courants alternatifs; c'est un autre genre que celui-ci. La machine à courant continu produit, en vertu du magnétisme rémanent, le courant par elle-même; tandis que la machine à courants alternatifs ne produit pas le courant par elle-même : elle exige une *excitatrice* pour produire un courant.

Les machines à courants alternatifs se composent principalement de deux flasques montées sur un bâti en fonte, et portant des électro-aimants, dans lesquels passe le courant de l'excitatrice. Ils sont faits de façon à produire alternativement un pôle sud et un pôle nord, de façon que lorsque le système des induits tourne entre les deux séries d'inducteurs le courant se renverse; par exemple, si la machine fait 600 tours, le

courant se renverse 9.600 fois par minute, et le charbon est alternativement 9.600 fois positif et 9.600 fois négatif par minute.

Voilà quelques mots qui nous permettront de vous rendre mieux compte de la disposition et de la marche des machines et des lampes que vous pourrez voir demain en visitant le paquebot. Je vous dirai maintenant quelques mots des dispositions spéciales prises à bord de ce bateau. Ainsi que je vous l'ai dit en commençant, vous ne pouvez pas voir l'installation complète des appareils à bord, par suite des retards inhérents toujours à la mise en marche d'un navire de ce genre : les lampes sont arrivées tardivement d'Angleterre, et ce n'est qu'à cinq heures qu'on a reçu de quoi éclairer ce salon comme il l'est actuellement; mais, lorsque l'installation sera complète, le bateau contiendra 390 lampes à incandescence, comme celles qui nous éclairent.

Ces 390 lampes sont réparties dans le salon, dans les corridors, dans toutes les cabines et dans les entreponts, même de toutes les classes. Je n'ai pas ici le détail de cette installation, mais il y a 390 lampes en tout.

En dehors de ces 390 lampes à incandescence, il y a 16 lampes à arc, qui sont du type différentiel de MM. Siemens.

Ce type de lampes est adopté pour les deux feux de position du navire. Il y en a 4 dans la chambre des machines, 4 dans la chambre des chaudières et 4 dans les cales de marchandises; avec les 4 lampes de feux de position, cela fait en tout 16 lampes.

Les machines, que vous verrez en bas, sont placées dans une petite chambre, à bâbord des grandes machines motrices. Dans cette pièce, il y a trois machines Siemens : deux à courant continu, et une machine à courants alternatifs.

Les deux machines à courant continu ont une disposition spéciale sur laquelle j'appelle votre attention, et que vous verrez demain. Ainsi que je vous l'ai dit tout à l'heure, les électro-aimants des machines ordinaires sont composés de bobines formées d'un fil enroulé plusieurs fois, mais d'un seul fil de même diamètre, tandis que, dans les machines qui sont en bas, il y a un gros fil et un fil fin; il y a deux bobines superposées, l'une en gros fil, l'autre en fil fin.

Il y a deux moyens de monter une machine, c'est de mettre les 4 électro-aimants et la bobine mobile dans un seul circuit, ou bien, de faire passer une partie seulement du courant par les électro-aimants.

Les machines à courant continu, qui sont en bas, présentent ces deux dispositions : chacun des quatre électro-aimants est double; il y a une partie en gros fil et une en fil fin; la partie en fil gros est en circuit avec la bobine, et dans la partie en fil fin, il ne passe qu'une partie du courant inversement proportionnelle à la résistance du fil sur les électro-aimants; cela produit une différence de potentiel constante et, par conséquent, cela permet, avec les grosses machines, de placer jusqu'à 300 lampes à incandescence en dérivation sur un même circuit et de pouvoir en éteindre

une grande quantité; et même de faire marcher la machine avec une seule lampe. Par conséquent, MM. Siemens ont résolu de la façon la plus complète, le problème de la division et de la distribution de la lumière électrique; car, dans cet éclairage, il n'y a pas qu'à diviser les lampes, il faut pouvoir rendre les foyers indépendants les uns des autres.

Si l'on employait cette machine-ci pour des lampes à incandescence, elle ne pourrait en alimenter qu'un certain nombre, elle peut faire 18 lampes, 15, 12; mais si l'on descendait au-dessous de 12 lampes, on pourrait craindre que la machine ne s'échauffât et ne se détériorât; par conséquent, cette machine peut faire de 12 à 18 lampes, mais elle ne permet pas la distribution de la lumière. Au contraire, les machines qui sont en bas sont capables d'alimenter 300 lampes et peuvent aussi bien en faire marcher une seule. Donc, les lampes sont indépendantes. On a mis, dans chaque cabine, un bouton, qu'il suffit de presser, comme pour les appels télégraphiques, on tire le bouton pour allumer la lampe, et il suffit de le pousser pour l'éteindre. C'est un grand confort mis à la disposition du voyageur, qui pourra, sans être astreint à l'extinction des feux, éteindre ou rallumer sa lampe à volonté, sans être obligé de demander aucun secours au personnel.

Les machines à bord sont au nombre de trois; il y a deux machines avec des électro-aimants doubles, capables de faire 300 lampes chacune. De ces deux machines, une seule doit marcher constamment, l'autre est une machine de réserve.

Avec ces deux machines, qui sont à courant continu, il y a une autre machine, à courants alternatifs, divisée en 4 circuits. Le système induit est composé d'une série de 16 bobines; divisées en quatre séries de 4 bobines chacune, et forme 4 circuits séparés. De ces circuits, il y en a un qui sert à alimenter 90 lampes à incandescence.

Il y a 390 lampes à incandescence à bord de ce navire : 300 sont alimentées par une des trois machines à courant continu, et la machine à courants alternatifs en alimente 90, ainsi que 16 lampes à arc dont 12 peuvent marcher à la fois.

Chacune de ces machines est conduite par une machine à vapeur spéciale, qui prend la vapeur sur les chaudières mêmes du bateau.

Malheureusement, en ce moment-ci, le service n'est pas fait comme en marche normale; mais, ces trois machines spéciales, lorsque l'installation sera terminée, prendront leur vapeur sur la conduite générale.

Il y a un arrangement spécial pour la connexion entre ces machines motrices et les machines électriques. Les machines à courant continu doivent faire 600 tours à la minute pour produire l'éclairage; par conséquent, comme les machines à vapeur ne font que 150 tours, il faut quadrupler cette vitesse pour arriver à celle nécessaire. Ce résultat est obtenu par un engrenage différentiel, établi dans le rapport de 1 à 4. La transmission pour les deux machines à courant continu, est faite par un

engrenage différentiel. Quant à la machine à courants alternatifs, reliée avec son excitatrice, la transmission se fait par câble, et des poulies à 5 ou 6 gorges. La machine excitatrice est montée sur une coulisse qui peut être mue au moyen d'une vis, de façon à tendre toujours le câble, car l'allongement des courroies serait très gênant pour l'éclairage, et l'empêcherait de fonctionner. Avec ce montage de la machine sur une glissière, on empêche l'éclairage de diminuer; lorsqu'on voit que la lumière baisse, on tend le câble, et on évite ainsi les inconvénients qui pourraient se produire.

Je ne connais pas la force nominale de chacune des machines, mais j'ai leurs dimensions principales.

Dans les machines qui alimentent les machines à courant continu, le diamètre des cylindres est de 24 centimètres; la course du piston est de 35 centimètres; ces machines font 150 tours par minute; et la machine qui sert pour les courants alternatifs a les dimensions suivantes :

Diamètre des cylindres : 215 millimètres;
Course des pistons : 305 millimètres.

On peut mettre 6 à 7 lampes Swan par cheval; par conséquent, si nous avons 390 lampes, en divisant ce nombre par 7, nous aurons immédiatement la force en chevaux absorbée par ces machines. Quant aux lampes à arc, elles exigent $0^{ch},7$ ou $0^{ch},8$ par lampe; nous avons 16 lampes, cela fait de 11 à 13 chevaux pour l'éclairage à arc, et environ 55 chevaux pour les 390 lampes à incandescence.

Les lampes à incandescence sont montées toutes en dérivation, tandis que les lampes à arc sont montées par série, en tension. Il y a deux câbles parallèles, de chacun desquels part le courant qui va aux lampes à incandescence. Il y a également, dans la chambre des machines, un commutateur général très bien étudié et disposé de façon à permettre de faire marcher n'importe quelle partie de l'éclairage avec n'importe quelle machine.

Pour terminer cette trop longue énumération, j'ajouterai qu'il y a encore un réservoir d'électricité, à bord de ce paquebot; ce sont les accumulateurs. En dehors des trois machines, on a cru sage de mettre des accumulateurs; en cas d'accident, ou en cas de réparation du navire, par exemple, dans une cale sèche, il y a des accumulateurs, à bord, qui permettront de faire marcher une certaine partie des lampes à incandescence, de façon à éclairer les endroits où on aurait besoin de lumière. Il y a 50 accumulateurs Faure, placés, une partie dans la chambre des machines et l'autre dans l'entrepont des émigrants; ils seront chargés par l'une ou l'autre des machines à courant continu, qui sont disposées de façon à servir dans l'un ou dans l'autre cas, soit à alimenter les lampes, soit à charger les accumulateurs qui feront, en cas de besoin, marcher les lampes à incandescence. Le commutateur, qui est au fond de la chambre des machines est disposé également pour pouvoir alimenter, avec les accumulateurs, une certaine

partie des lampes à incandescence; il y a une disposition spéciale qui permet de mettre plus ou moins d'accumulateurs, de façon à remédier aux inconvénients qui se produisent, lorsque ceux-ci se déchargent : on peut marcher avec 40 accumulateurs, et on peut en mettre 41, 42, et même 50 sur un certain nombre de lampes, lorsque les accumulateurs baissent, de sorte qu'on a ainsi un éclairage qui ne risque jamais de faire défaut.

Messieurs, ma tâche est terminée; il ne me reste qu'à vous remercier de votre bienveillante attention. (*Bravo! Bravo! Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Boistel de sa très intéressante communication; grâce à l'exposé, au tableau général qu'il a fait de la disposition de l'éclairage électrique et des machines qui se trouvent sur ce paquebot, nous ferons, demain, une visite beaucoup plus intéressante que si nous nous étions trouvés en présence de ces appareils sans que les points les plus importants de cette installation aient été signalés à notre attention.

Demain matin, aura lieu la visite du neuvième bassin : le rendez-vous est pour huit heures, à l'entrée du neuvième bassin, aux bureaux de l'entreprise, de façon à être ici à neuf heures et demie, pour entendre une communication complète sur la construction et l'aménagement de la *Normandie*, communication qui sera suivie de la visite détaillée du paquebot.

La séance est levée à dix heures et demie.

4e Séance — Dimanche 1er avril 1883 (à bord de « La Normandie. »)

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à neuf heures trois quarts du matin.

M. LE PRÉSIDENT, en ouvrant la deuxième séance tenue par la Société des Ingénieurs civils sur la *Normandie*, annonce que nous devions entendre notre collègue, M. Audenet, ingénieur en chef de la Compagnie transatlantique, qui a fait l'étude des plans de ce paquebot et en a dirigé l'exécution.

M. Audenet devait venir nous faire une communication préalable à la visite de la *Normandie*, mais il est indisposé, et il prie de vouloir bien l'excuser. Dans cette circonstance, M. Macquin veut bien se charger de nous donner les explications que M. Audenet devait nous présenter; et de lire la note qu'il avait préparée.

M. MACQUIN dit qu'il a été publié une notice très complète et très exacte sur la coque même du navire et sur ses aménagements; il se bornera, par conséquent, à donner quelques explications complémentaires sur certains points particuliers du navire.

La *Normandie* a été construite dans les ateliers de construction de Barrow, dont le directeur, M. John, est un des élèves les plus distingués de l'École d'architecture navale fondée à Londres en 1863 par et sous les auspices de M. Scott-Russel.

La construction a été commencée en octobre 1881; les matériaux ont été commandés au mois d'août, la quille posée au mois d'octobre, et, le 28 octobre 1882, le navire a été lancé. Trois mois après, il a pu prendre la mer, muni de ses machines et complètement armé. C'est un exemple très remarquable de rapidité de construction dont la durée a été précisément d'une année, jour pour jour de la mise en chantier au lancement.

Le navire a une longueur de 140 mètres; c'est une dimension considérée par quelques personnes comme le maximum de ce qu'il est possible de faire pour l'entrée du Havre. Cette dimension a pu même paraître exagérée; car plus le navire est long, plus les chances d'avaries sont nombreuses, la manœuvre devient difficile, dangereuse surtout dans les ports. Aussi la Compagnie a-t-elle choisi, pour placer à la tête de la *Normandie*, un capitaine dont la valeur éprouvée et l'habileté parfaitement connue la met à l'abri de toute crainte. (*Bravo! bravo! Applaudissements.*)

La longueur, comme il vient d'être dit, est de 140 mètres; c'est, à peu de chose près, la limite de ce qu'il est possible d'atteindre au Havre avec le port actuel. La largeur est de 15m,20 et le creux de 11m,40. Le tirant d'eau pourrait atteindre 7m,50; mais nous ne pensons pas que le chargement soit jamais assez dense pour arriver à ce tirant d'eau, qui donnerait un déplacement de 10,000 tonnes.

Comme dimensions, ce navire serait au second rang de la marine militaire; mais c'est le plus grand de la marine commerciale en France. S'il appartenait à la marine anglaise, il serait le quatrième tout au plus, en laissant de côté le *Great Eastern*. Ses dimensions le rangent donc parmi les navires les plus grands.

Dans la disposition de l'aménagement, il y a un point à signaler, c'est l'emplacement du salon destiné aux premières; ce salon est placé à l'avant, tandis que, dans les autres navires de la Compagnie transatlantique, il est placé à l'arrière. Ce changement donnera des résultats avantageux au point de vue du bien-être des passagers quand le navire aura de grands mouvements à la mer, et l'endroit choisi sera parfaitement tranquille, étant assez éloigné pour ne pas y ressentir les trépidations de l'hélice.

Le second point intéressant à noter est l'établissement de *water-ballast*. Il y a une série de compartiments étanches destinés à recevoir de l'eau; cette eau a pour but de maintenir le navire droit dans le port, et d'empêcher qu'il incline à droite ou à gauche. Lorsque des navires de cette dimension sont complètement allégés, la stabilité est plus faible qu'à la mer et ils prennent des mouvements d'un côté ou d'autre, qui gênent les opérations de chargement ou de déchargement. D'autre part, une condition essentielle est d'arriver à une faible stabilité à la mer, car un navire qui n'aurait pas une faible stabilité, présenterait des inconvénients dans la navigation et arriverait à donner des roulis gênants. Il a donc fallu éviter que le navire pût se conduire mal à la mer et assurer son assiette dans le port; par ces *water-ballasts*, on évitera sans doute toute difficulté.

L'emplacement choisi pour le salon aussi près que possible du milieu du navire, a conduit à mettre la machine et les chaudières à l'arrière. Comme le charbon doit se trouver à proximité des chaudières, on a dû le mettre également à l'arrière. Il résulte de cette disposition que, lorsque l'approvisionnement de charbon diminuera, par suite de la consommation, le navire, allégé à l'arrière, se lèvera plus à l'arrière qu'à l'avant. C'est une mauvaise condition de navigation à laquelle il a fallu remédier, et on aura recours, à la mer, aux *water-ballasts* arrières, de façon à éviter que, dans les grosses mers surtout, il y ait des relèvements de l'arrière, ce qui serait mauvais pour le navire à cause des emportements qu'ils peuvent causer.

Le second avantage des *water-ballasts* est celui-ci : le navire étant destiné à marcher à une grande vitesse, il a fallu une hélice de grand diamètre et une grande immersion de l'arrière; donc grand tirant d'eau dans cette

partie. Il est nécessaire, lorsque le navire sera chargé, d'annuler cette différence de niveau entre l'avant et l'arrière, pour sortir du port.

Dans ce but, il y a, à l'avant, un compartiment plus haut que les autres, lequel sera rempli, à la sortie du port, de manière à mettre le navire horizontal avec la quille. Son tirant d'eau maximum sera réduit d'une façon considérable et permettra de sortir. Aussitôt sorti du port, on videra ce compartiment, et l'arrière reprendra sa position.

Les *water-ballasts* permettent aussi de faire naviguer le navire avec peu de marchandises; à certains moments, le fret n'est pas abondant, il n'est pas facile de s'en procurer; et, d'autre part, il faut que le navire ait du pied dans l'eau : c'est une condition nécessaire pour lui donner les qualités nautiques indispensables pour affronter des temps quelquefois terribles qui feraient courir au navire de très grands dangers si son tirant d'eau était insuffisant. L'année dernière, il est arrivé que des navires anglais, pour revenir d'Amérique en Europe, ont été obligés, non seulement de prendre du fret pour rien, mais de payer même pour en avoir. Pour éviter un semblable inconvénient, nous avons un *water-ballast* qui permet au bâtiment de naviguer d'une façon sûre quand on aura peu de marchandises à transporter.

Voilà donc l'utilité de ces *water-ballasts*, qui remplissent des buts différents, tous essentiels. On est arrivé ainsi à pouvoir, par un seul moyen, vaincre plusieurs difficultés.

M. Macquin, en ce qui concerne l'aménagement du navire, ajoute que la visite qui en sera faite tout à l'heure donnera une idée plus exacte que toute espèce de description, il passe donc à la machine.

M. Macquin donne lecture de la note suivante préparée par M. Audenet[1] sur l'appareil moteur de la *Normandie*.

M. Macquin complète la lecture de la note ci-dessus par quelques observations personnelles sur les points suivants :

Chaudières. — Il y a une grande différence entre les résultats obtenus par les machines sur la *Normandie* et sur les anciens navires de la Compagnie transatlantique comme le *Labrador;* c'est la conséquence des progrès réalisés dans l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre la construction de ces deux paquebots. Depuis l'époque de la mise en service de la machine du *Labrador*, on a employé des chaudières de plus grand diamètre et des foyers plus grands. Les diamètres qui étaient de 3 à 4 mètres ont atteint aujourd'hui 4 à 5 mètres; les foyers, qui avaient autrefois 3 pieds anglais, arrivent à avoir 4 pieds. Ces grands diamètres de foyers ne sont possibles qu'avec des tôles très épaisses, ce qui est un grand inconvénient. On n'est arrivé aux grands diamètres, en Angleterre, que par l'emploi de foyers ondulés. Les foyers en tôle lisse atteignent rarement un diamètre

1. Voir la note de M. Audenet, page 66.

de 4 pieds. En France, on n'est point encore parvenu à pouvoir se procurer ces foyers ondulés et c'est une cause d'infériorité vis-à-vis des Anglais, si on ne parvient pas à résoudre la question.

M. Macquin, en ce qui concerne l'*emploi de la tôle d'acier*, rappelle que, lors d'un voyage fait à Glascow pour recevoir les navires de la Compagnie, qui font le service de l'Algérie, il y avait, dans les ateliers de M. Elder, un yacht, le *Livadia*, destiné à l'empereur de Russie, et pour lequel on avait construit uue série de chaudières en acier. Lors des essais, il s'est produit un accident, et il a fallu faire de nouvelles chaudières.

Cet accident avait produit une impression fâcheuse sur l'esprit des constructeurs, et ceux-ci avaient à cette époque vivement engagé la Compagnie transatlantique à ne pas recourir à l'emploi de l'acier pour les chaudières.

Cependant il y a aujourd'hui, en Angleterre, 80 pour 100 des chaudières marines qui sont construites en acier; l'impression mauvaise s'est donc effacée peu à peu.

Il y a eu, sur un navire de la Compagnie, un accident très récent qui peut donner des indications instructives au sujet de l'emploi de l'acier dans les chaudières. On a constaté un jour des affaissements dans les tôles des foyers de chaudières; celles-ci étaient construites l'une en fer, l'autre en acier. Les foyers en acier se sont le mieux tenus; l'écrasement y a été moins considérable que dans les foyers en tôle de fer. Actuellement, il paraît bien démontré que l'emploi de l'acier est devenu pratique; pour construire des chaudières de 5 mètres de diamètre, l'emploi de l'acier sera obligatoire.

Rivetage des chaudières. — La *Normandie* a des tôles d'enveloppe de 3 centimètres d'épaisseur; il n'est pas facile de river de pareilles tôles, qui permettent d'augmenter la pression; on y est arrivé, grâce à l'emploi d'appareils hydrauliques.

Autrefois, on n'aurait pas pu produire des chaudières de ce diamètre et fonctionnant à cette pression. Donc, l'emploi de chaudières de grand diamètre n'a pu être rendu possible que par le perfectionnement de l'outillage des ateliers: perfectionnements qui sont encore récents.

M. le Président demande quelle serait l'épaisseur avec des tôles en acier.

M. Macquin répond que l'on peut admettre, en règle générale, la réduction de $\frac{1}{5}$; alors pour la *Normandie*, la tôle aurait une épaisseur de 25 millimètres. Il a été construit des chaudières de 4m,80 chez M. Elder, les enveloppes ont 32 ou 33 millimètres d'épaisseur.

Soupapes. — Les soupapes à poids ont des inconvénients trop grands dans les navires, on a des pertes continuelles; on n'emploie plus que celles à ressort; elles se conduisent mieux que les premières et elles donnent une régularité beaucoup plus grande.

Machines. — La machine est plus qu'une machine Compound; c'est une machine Wolf.

Elle jouit des avantages des deux systèmes.

Course des pistons. — Un des grands changements survenus dans les machines marines depuis l'époque de l'entrée en service des paquebots du type *Labrador* jusqu'à la construction de la *Normandie*, est l'allongement des courses de piston. De 4 pieds 1/2 on est passé à 6 pieds 1/2, près de 2 mètres.

Il y a divers avantages à donner une grande course aux pistons; notamment, le bras de levier de la force, qui tend à rompre les arbres, est diminué.

Résistance des arbres. — La question de résistance des arbres est une des choses les plus intéressantes et les plus importantes des machines marines.

Les arbres de la *Normandie*, et dont on a pu voir un spécimen dans la pièce de rechange qui est actuellement sur le pont, sont en fer.

Lorsqu'on a fait la construction du paquebot, la question des arbres d'acier a été agitée.

M. Macquin a même été trouver un des fabricants les plus renommés, en Angleterre, et lui a demandé s'il pouvait construire des arbres en acier de la dimension voulue. Le constructeur a déclaré que la chose était possible, mais que, pour l'honneur de sa maison, il ne consentirait pas à faire de pareilles pièces en acier d'une seule pièce; il ajoutait que, si l'on voulait, il les ferait en fer. On conçoit que des pièces de cette dimension d'un seul morceau, en acier, soient difficiles à obtenir saines. Aujourd'hui, en Angleterre, on les construit en cinq pièces : les deux manivelles, le tourillon et les deux parties droites de l'arbre. Ces arbres ont donné de très bons résultats, et, dans ces conditions, ils peuvent être faits en acier. Cependant, il existe des arbres qui ont donné de très bons résultats et qui sont en cinq pièces, dont le tourillon seulement est en acier, et les quatre autres en fer; il y en a aussi, tout en acier, qui se sont bien comportés.

M. Macquin signale les déceptions à l'égard de l'acier. Il y a eu sur des paquebots de la Compagnie deux arbres en acier d'une seule pièce; de ces deux arbres, l'un a duré très peu de temps, il n'a fait que cinq voyages; l'autre a duré un temps à peu près normal, vingt et quelques voyages. Au départ du Havre, en examinant l'arbre, on constatait une très petite fente sur une certaine longueur. On ne crut pas que cet arbre pût faire encore un assez long service. On recommanda au chef mécanicien, M. Gravier, actuellement chef mécanicien de la *Normandie*, de veiller sur cette fente; pendant une traversée, elle s'est allongée de 15 centimètres et le chef mécanicien n'a pas hésité à mettre en place l'arbre de rechange. Lorsque cet arbre revint, on le fit casser, et on trouva une section rompue sur une étendue considérable. Les arbres en acier ne préviennent pas de la rupture. Les arbres en fer, au contraire, ont l'avantage de prévenir à l'avance que la rupture va se produire.

Voici un arbre du *Saint-Laurent*, dans lequel la cassure a été observée pendant un certain temps, elle n'était pas très longue, mais elle avait une profondeur assez grande. Les cassures des arbres en fer sont très nettes; il y en a qui bâillent d'un demi-millimètre. Elles sont très apparentes, alors que la cassure n'est pas encore grave. Voici la photographie d'une cassure assez considérable et qui est très apparente. Voici un autre arbre, qui présente une cassure de très grande longueur. Elle a été suivie pendant plus d'un an, et on a changé l'arbre parce que la fente augmentait de plus en plus; cependant, elle avait une profondeur très faible. La cassure avait été reconnue en mars 1880, et c'est seulement en août 1881 qu'on a changé l'arbre. On est arrivé à avoir des craintes, et, pour ne laisser aucune espèce de doute sur la solidité de cette pièce, on l'a changée. Vous la verrez sur une photographie.

Le gros avantage des arbres en fer est de prévenir longtemps à l'avance de la rupture, et, en veillant avec soin, on est donc à peu près sûr d'éviter les accidents.

Aujourd'hui, il est possible qu'on fasse des arbres en acier, mais alors ils seront composés de plusieurs morceaux, et non pas d'une seule pièce.

Palier de buttée. — La disposition est en usage en Angleterre, mais en France elle n'a pas encore été employée.

M. Macquin ajoute, en ce qui touche les *essais* de vitesse, que le navire était à l'eau depuis quatre mois, et que la carène n'était pas dans un état de propreté très grand; il estime qu'on gagnera sur le chiffre obtenu par le passage du paquebot au bassin. Dans ces essais le navire a gouverné très mal, car l'homme qui était au gouvernail ne connaissait pas l'appareil servant à la manœuvre.

M. Macquin présente les observations complémentaires suivantes, à propos de l'emploi de l'acier dans la construction des navires.

Aujourd'hui, en Angleterre, dans un très grand nombre de navire, l'acier est employé pour toute la construction. Cette question a été examinée avec grand soin, avant la construction de la *Normandie*. Il y avait, en ce moment-là, en Angleterre, la construction du yacht *le Livadia*, destiné à l'empereur de Russie, construction dans laquelle on a fait usage de l'acier. Nous avons recueilli les observations des constructeurs; nous avons examiné très attentivement la question, et nous avons conclu qu'il n'y avait pas intérêt pour nous à employer l'acier. Le navire serait revenu plus cher, et la recherche de la légèreté de la coque n'avait pas une importance telle qu'elle dût nous entraîner à cette dépense. Nous avons, à bord, un espace disponible de 4.700 mètres cubes, et nous pouvons y mettre un poids de 2.700 tonneaux. Or, les marchandises que nous trouvons en France n'atteignent pas une densité supérieure à 40 pour 100 du volume. Les marchandises que nous rapportons de New-York ont une densité plus grande; mais en supposant que toute la place disponible soit occupée par des marchandises, même de grande densité, on n'arrivera pas à dépasser

la limite de tirant d'eau. Lorsque l'espace disponible sera complètement pris, on n'atteindra pas la limite de poids.

En Angleterre, au contraire, les navires ont un grand intérêt à avoir un grand poids disponible. Tandis que nos chargements venant d'Amérique ou y allant sont généralement d'une densité ordinaire, les chargements de l'Angleterre sont généralement très denses, ce sont surtout des métaux, et les Anglais ont intérêt à rechercher la légèreté de la coque. Si nous nous trouvions dans les mêmes conditions, nous aurions recherché une construction plus légère; mais, comme il a été dit précédemment, pour que ces navires puissent affronter l'Océan, il faut qu'ils aient le pied dans l'eau. Si ce paquebot avait été trop léger, il aurait fallu augmenter le water-ballast de volume, et nous aurions encore perdu de la place. Ce résultat n'a pas répondu à l'attente et à l'espoir qu'avaient conçu certaines personnes de voir l'emploi de l'acier se répandre dans les constructions françaises. Pour le moment, pour le service de New-York, il ne paraît pas indiqué que l'emploi de l'acier pour toute la coque soit avantageux.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Audenet et Macquin des renseignements très intéressants qu'ils ont bien voulu nous donner.

Pour la visite, il convient de se grouper en un assez petit nombre de personnes, et de former sept à huit groupes. MM. les officiers du bord veulent bien se charger de nous conduire; nous verrons en détail toutes les diverses parties du navire, dans un ordre différent, ce qui facilitera la visite.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

NOTE

SUR

L'APPAREIL MOTEUR DU PAQUEBOT

DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE TRANSATLANTIQUE

LA NORMANDIE

PAR M. **AUDENET**.

L'appareil moteur du paquebot de la Compagnie générale Transatlantique, *la Normandie*, ne présente pas, à proprement parler, de dispositions nouvelles, mais on a cherché à réunir dans sa construction tout ce qui pouvait contribuer à en faire une machine peu encombrante, commode pour la manœuvre et l'entretien, fatiguant peu le navire et les passagers, et enfin économique au point de vue de la dépense du combustible.

Nous allons décrire succinctement les chaudières et la machine proprement dite, puis indiquer les résultats des premiers essais.

Chaudières. — Les chaudières sont du système tubulaire, à corps cylindrique, aujourd'hui d'un usage général sur les navires. Elles ont 72^{m2} de surface de grille, 1.900^{m2} de surface de chauffe et fonctionnent à une pression de 6 kilos.

Le plan fait connaître, avec des détails assez complets, la disposition d'un des corps et les échantillons des tôles et fers.

Ces chaudières ont en tout 36 foyers de $1^{m},07$ de diamètre, et elles ont fourni une puissance de plus de 6.500 chevaux indiqués pendant un essai de six heures, et de 6.900 chevaux pendant les parcours sur la base, avec tirage naturel.

Les paquebots *Labrador* et *Canada*, mis en service en 1875 et 1876, et dont les chaudières n'ont que $3^{m},25$ de diamètre, 24 foyers de

1 mètre, 38^{m2} de surface de grille, 948^{m2} de surface de chauffe, et une charge de soupape de 4^{k},25, n'ont donné que 3.250 chevaux pendant le parcours sur les bases. Ce rendement, comparé aux surfaces de grille et de chauffe, est inférieur à celui de la *Normandie*, et cette infériorité, due sans doute en partie à la moindre pression, en partie à la machine, est peut-être aussi attribuable, pour une part, à l'emploi de foyers d'un plus petit diamètre.

Ces derniers paraissent utiliser un peu moins bien que les grands, du moins dans les limites usuelles.

Ce fait s'explique. — La section des cendriers varie environ comme le carré du diamètre du foyer; l'arrivée de l'air, à égale surface de grille, se fait donc dans de bien meilleures conditions pour le foyer large. D'autre part, la distance de la grille au ciel est aussi plus grande pour le grand foyer, et il en résulte qu'il y a plus d'espace libre au-dessus du combustible et que la combustion des gaz se fait mieux.

Mais ce qui fait surtout l'avantage des chaudières de la *Normandie*, c'est leur grand diamètre, qui a pour effet de diminuer le volume qu'elles occupent dans les cales. Sur un navire, toute la capacité comprise entre le plan de pose des chaudières et les barrots du pont situé au-dessus, est à l'avance perdu pour la marchandise et le logement des passagers. Il convient donc de la donner tout entière aux chaudières et d'économiser en revanche sur la partie horizontale. Cette considération doit conduire à prendre les plus grands diamètres d'enveloppes permis par la hauteur sous barrots, et comme conséquence, à adopter aussi de grands diamètres de foyers.

Quelques chiffres feront saisir l'importance des économies d'encombrement qu'on peut ainsi réaliser.

Sur la *Normandie*, où le diamètre des enveloppes est de 4^{m},20, les chaudières avec leurs chambres de chauffe occupent une superficie horizontale de 270^{m2} et un volume de 1.242 mètres cubes.

Sur le *Labrador*, les chaudières qui n'ont que deux foyers et 3^{m},25 de diamètre, occupent une superficie horizontale de 208^{m2} et un volume de 9^{3} 8^{m3}.

Le volume occupé par 100 chevaux indiqués (puissance des essais sur la base) est donc de 18^{m3} sur la *Normandie* et de près de 29^{m3} sur le *Labrador*.

Les chaudières de la *Normandie* sont réparties en trois groupes de

douze foyers chaque, le groupe central est coupé en deux par une cloison étanche; de sorte que l'appareil évaporatoire occupe deux compartiments, et que dans le cas où l'un de ces compartiments serait envahi par une voie d'eau, on pourrait encore marcher avec la moitié des chaudières.

Il y a trois foyers par façade. Les corps des groupes extrêmes sont doubles, c'est-à-dire ont trois foyers à chaque extrémité, leur longueur est de $5^{m},60$. Les chaudières du groupe central sont simples; elles n'ont que $2^{m},90$ de longueur.

Lorsque la Compagnie Transatlantique a commandé la *Normandie*, il y avait en Angleterre, au moins chez certains constructeurs, une sorte de réaction contre l'emploi de l'acier pour la construction des chaudières, et nous n'avons pas osé recourir à l'emploi de ce métal. Les chaudières de la *Normandie* sont donc en fer; mais nous devons avouer que s'il s'agissait d'en commander de nouvelles et surtout d'aborder de plus grands diamètres, nous adopterions l'acier. 80 pour 100 des chaudières marines que l'on construit actuellement en Angleterre, sont faites avec ce métal, et il paraît bien démontré qu'en employant de l'acier doux, et ayant soin de recuire les pièces façonnées, on est à l'abri de tout accident.

Les accessoires des chaudières ne diffèrent pas de ce que l'on trouve aujourd'hui sur la plupart des appareils marins à haute pression.

Nous citerons seulement : les robinets d'alimentation à clapets, disposés de manière à réunir ces deux organes et à permettre de visiter ou de remplacer le clapet sans arrêter la chaudière; et les soupapes de sûreté à ressort.

Ces dernières remplissent très convenablement les conditions que l'on doit exiger d'elles, savoir : se lever dès que la pression atteint le chiffre fixé; laisser passer assez de vapeur pour que la pression ne puisse monter lors même que l'on continue à pousser les feux; enfin, retomber sur leur siège à une pression très voisine de celle pour laquelle les chaudières ont été timbrées.

Machine. — La machine de la *Normandie* est formée de la réunion de trois machines semblables, Compound à pilon avec cylindres superposés, et agissant sur un même arbre par l'intermédiaire de trois manivelles conjuguées à 120°. Les avantages de cette disposition sont les suivants :

Les machines à cylindres superposés occupent une superficie horizontale moindre que les autres, et comme la partie située au-dessus doit toujours être dégagée sur toute la hauteur du navire, pour l'éclairage, l'aération et les démontages, il y a en somme diminution de l'encombrement total.

Avec trois machines absolument semblables, calées à 120 degrés, on neutralise presque complètement les forces d'inertie, et le moteur, quelle que soit la vitesse à laquelle il est lancé, n'est plus soumis à ces trépidations qui ébranlent ses liaisons avec la coque, et le navire tout entier.

Quant au système Compound, ses avantages, au point de vue de l'économie de combustible, sont assez reconnus aujourd'hui, pour qu'il soit inutile de les justifier ici. Nous nous bornerons à rappeler que cette économie tient : à la diminution des condensations intérieures ; à la réduction des pertes de vapeur qui ont pour cause l'imperfection du contact des bagues de piston et des tiroirs avec les cylindres, et qui diminuent avec la différence des pressions existant de part et d'autre; enfin, à l'atténuation de l'influence des espaces morts.

Les dimension des cylindres sont :

Diamètres, $0^{m},90$ et $1^{m},90$.
Course commune, $1^{m},70$.

Sur le *Labrador* et le *Saint-Laurent*, la course est seulement de $1^{m},30$ pour un même diamètre de grand cylindre de $1^{m},90$.

La course de la nouvelle machine est donc, relativement, notablement plus grande que dans les anciens appareils ; et cette augmentation relative de la course, qui s'est produite graduellement et depuis un certain temps déjà sur les machines marines anglaises, a des avantages que l'on peut considérer comme démontrés par la pratique.

Ces avantages, sur lesquels les constructeurs anglais que nous avons interrogés ne s'expliquent pas d'une manière bien nette, nous semblent être les suivants :

A puissance égale, les pressions sur les articulations et les frottements qu'elles engendrent sont moindres, puisque ces pressions sont proportionnelles aux surfaces des pistons ; le travail absorbé par les résistances passives est moindre, et la machine tourne plus facilement.

A volume égal de cylindre la surface occupée horizontalement est

moindre; et comme on n'est pas gêné dans le sens vertical, la perte en volume utilisable pour les passagers et les marchandises est aussi moindre.

Enfin, il y a aussi économie de vapeur, parce que la hauteur des espaces nuisibles aux extrémités de course étant à peu près une constante, leur volume diminue en même temps que la surface des pistons.

Les tiroirs des grands et petits cylindres sont menés par la même tige, mise en mouvement par deux excentriques réunis par une coulisse. Les petits cylindres seuls ont une détente variable ; elle est du système Meyer, c'est-à-dire qu'elle est réalisée au moyen de deux plaques frottant sur le dos du tiroir et que l'on écarte plus ou moins. L'écartement peut être modifié en marche sans arrêter la machine.

Mise en train. — Pour les appareils marins de grandes dimensions, le renversement de la marche, qui doit pouvoir se faire dans un temps très court, s'obtient en manœuvrant la coulisse à la vapeur. Sur la *Normandie* cette mise en train est celle de Brown que l'on rencontre aujourd'hui sur une grande partie des machines des navires anglais. Le mouvement est modéré par un frein hydraulique formé d'un piston qui se meut dans un cylindre plein d'eau, dont les deux extrémités sont mises en communication par un orifice à section variable. Ce piston hydraulique est actionné au besoin par une petite pompe à bras, ce qui permet de l'employer comme moteur et de déplacer les tiroirs à la main, lorsqu'on n'a pas de vapeur.

Chaque machine a son condenseur, sa pompe à air et sa pompe de circulation d'eau froide. Elle forme ainsi un tout complet, et en cas d'avarie on pourrait à la rigueur marcher avec une seule d'entre elles, si les deux autres se trouvaient désemparées.

Les condenseurs réunis donnent une surface de 1.000^{m2} environ, soit la moitié de la surface de chauffe.

Les pompes de circulation sont des pompes centrifuges, ayant chacune leur moteur indépendant.

Cette dernière disposition, qui se retrouve du reste sur un grand nombre de machines marines, présente les avantages suivants :

D'abord, on peut maintenir le condenseur froid quand l'appareil est arrêté, lors même que des fuites laissent arriver de la vapeur dans le

condenseur. La machine est ainsi toujours prête à partir sans la moindre hésitation.

En outre, on est maître en marche de faire varier, comme il convient, la quantité d'eau de circulation, en tenant compte de sa température et de l'allure de la machine principale, de manière à condenser à une température qui ne soit ni trop basse ni trop élevée.

Arbres et hélice. — Nous avons dit, en commençant, ce qui concerne l'appareil proprement dit, que les trois machines agissaient sur un même arbre par l'intermédiaire de trois manivelles conjuguées à 120 degrés. Cet arbre est formé de trois tronçons identiques, portant chacun un coude et deux plateaux pour les jonctions. Le diamètre, qu'on a fixé à 60^{cm}, est un peu fort eu égard aux règles ordinairement suivies en Angleterre; mais cette exagération aura l'avantage, sinon d'éviter absolument les remplacements, du moins de les éloigner. Ce qui a son avantage, car ces remplacements constituent une opération longue et coûteuse, lorsqu'il s'agit de machines aussi puissantes.

Les arbres à coudes de la *Normandie* ont été fabriqués par les forges de la Mersey. Chacun d'eux, tout ajusté, pèse environ 14.000 kilos, soit 42.000 kilos pour l'arbre coudé tout entier.

La ligne d'arbre a 57 centimètres de diamètre et l'arbre porte-hélice 60 centimètres.

L'hélice est construite d'assemblage. Le moyeu en acier sort des ateliers de MM. Vickers de Sheffield; il pèse tout terminé 6.000 kilos.

Les quatre ailes sont en bronze manganésique et pèsent ensemble à peu près 12.000 kilos.

Le diamètre de ce propulseur se trouvait limité par le tirant d'eau dont on dispose; il atteint 6^{m},70.

Le pas est constant et de 9^{m},45.

La fraction de pas totale varie de 0,15 à l'extrémité des ailes à 0,44 près du moyeu.

Palier de buttée. — La poussée de l'hélice est transmise au navire par l'intermédiaire d'un palier de buttée, situé à l'entrée du tunnel à l'arrivée de la machine. Il est on ne peut plus important que cette pièce, qui est soumise à une pression et à un frottement considérable, ne s'échauffe pas, et puisse être maintenue en bon état et

réparée facilement. Ce résultat est obtenu d'une manière très satisfaisante au moyen du palier qui a été adopté pour la *Normandie*.

La poussée s'exerce sur dix demi-colliers en fonte garnis d'antifriction, ayant la forme d'un fer à cheval. Ces colliers s'introduisent par en dessus du palier, entre les collets de l'arbre, et leur position se règle au moyen d'écrous et contre-écrous qui se meuvent sur deux grandes tiges fixées à tribord et bâbord du palier. Les parties inférieures des collets plongent librement dans le liquide lubréfiant.

Lorsqu'un collier vient à chauffer, on peut l'enlever et le remplacer, même en marche, sans toucher aux autres.

Résultats des premiers essais. — La *Normandie* n'a pas encore fait ses essais officiels devant la Commission nommée par le ministre des Postes et Télégraphes ; mais elle en a subi en Angleterre avant l'acceptation du paquebot par la Compagnie Transatlantique.

Ces essais ont été de trois espèces :

Essais de vitesse ;
Essais de puissance ;
Essais de consommation.

Le navire avait un tirant d'eau moyen de $6^{m},30$ et un tirant d'eau arrière de 7 mètres en nombre rond. C'est à peu près les conditions du mi-chargement.

Les expériences de vitesse ont eu lieu sur une base de un mille de long, existant à l'embouchure de la Clyde. Elles avaient pour objet de mesurer la vitesse maxima, et aussi d'établir la relation qui existe, à diverses allures, entre le nombre de tours, la puissance et la vitesse du paquebot.

La vitesse maxima a été de $16^{m},6$ avec 59 tours 16 et 6.927 chevaux obtenus sans tirage forcé.

Les essais de puissance étaient destinés à constater que l'appareil moteur pouvait soutenir pendant une durée de six heures la puissance qui avait été spécifiée au marché. On a réalisé 6.529 chevaux.

Enfin les essais de consommation avaient pour but de déterminer les conditions dans lesquelles se trouvait l'appareil au point de vue économique, pour une allure voisine de celle à laquelle il fonction-

nerait généralement en service. Ce dernier essai a duré six heures. La puissance moyenne développée s'est élevée à 4.950 chevaux avec une dépense de 0^{k},776 de bon cardiff par heure et par cheval.

Ces résultats sont en somme très satisfaisants, et il y a tout lieu d'espérer que la *Normandie* remplira, et au delà, les conditions de vitesse et de dépense de charbons qu'on avait en vue, lorsqu'elle a été mise en construction.

RÉSUMÉ HISTORIQUE

DES

ÉTUDES GÉOLOGIQUES

ET DES TRAVAUX D'EXCAVATION

ENTREPRIS EN FRANCE ET EN ANGLETERRE

EN VUE DE L'EXÉCUTION D'UN CHEMIN DE FER SOUS LA MANCHE

RENSEIGNEMENTS ET DÉTAILS OFFICIELS

SUR LES PREMIÈRES ÉTUDES POUR LA PERFORATION MÉCANIQUE ET L'AÉRATION DES LONGS TUNNELS PAR L'AIR COMPRIMÉ

EXAMEN

des procédés les plus économiques pour le transport des grandes forces motrices

PAR M. **DANIEL COLLADON**

Ancien professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures de Paris, correspondant de l'Institut de France, etc.

On peut affirmer que de toutes les grandes entreprises de travaux internationaux du dix-neuvième siècle, sans excepter les canaux de Suez et de Panama et les longs tunnels à ciel fermé du Mont-Cenis et du Saint-Gothard, celle du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre est une des plus audacieuses. C'est la seule en effet où l'argent n'est pas en définitive tout puissant et pour laquelle des cas d'impossibilité matérielle absolue pouvaient être à redouter.

Établir à 100 mètres au-dessous du niveau de la mer un tunnel à grande section, à double voie, à ciel entièrement fermé, sur une longueur de 35 kilomètres, était un projet, que bien des cas de force majeure absolue pouvaient rendre irréalisable en dépit de toutes les ressources du génie humain.

Si les passages entrepris sous la Tamise, sous l'Hudson, sous la Mersey à de faibles profondeurs, avec des longueurs notablement moindres, ont présenté des difficultés considérables, que de causes

d'impossibilité pouvaient se présenter pour un chemin de fer sous la Manche ?

En effet, on ne peut entreprendre à cette profondeur de surmonter les infiltrations par la puissance de l'air comprimé ; aucun ouvrier ne pourrait vivre dans un espace contenant de l'air à dix atmosphères et les irruptions de grands volumes d'eau sous ces énormes pressions défieraient toutes les mesures défensives.

Aujourd'hui, à la suite d'admirables études, de recherches expérimentales poursuivies à grands frais pendant plus de douze années et grâce à un ensemble inattendu de circonstances favorables, la réussite s'annonce comme assurée et prochaine, si des préjugés d'un autre âge ne viennent entraver cette œuvre civilisatrice et les avantages commerciaux qui en dépendent.

Avant d'aborder les études géologiques et les nombreuses tentatives poursuivies depuis 1866 en vue du percement d'un tunnel destiné à relier les côtes française et anglaise dans la partie étroite du canal, il convient de dire quelques mots des associations qui se sont formées en Angleterre et en France pendant cette période pour exécuter ce tunnel.

Il s'est constitué, depuis 1865, trois entreprises distinctes, deux en Angleterre, et une en France, sous le patronage et la direction desquelles de grands travaux d'excavation ont été exécutés, sur les côtes anglaise et française par le forage ou le creusement de plusieurs puits profonds par des galeries provisoires sous-marines et des sondages dans des parties variées du détroit, au moyen d'appareils capables de rapporter du fond de la mer de menus échantillons pouvant servir à déterminer leur constitution géologique.

La première de ces trois sociétés s'est fondée en Angleterre vers la fin de l'année 1865, sous la direction d'un éminent ingénieur sir John Hawkshaw, secondé par MM. Low, Brunless, Brassey, Thomé de Gamond[1], Day, géologue anglais, et H.-M. Brunel, chargé de l'exécution des sondages au fond de la mer.

1. Les études géologiques accomplies depuis 1865 sous la mer et sur les deux rives du détroit, ont fait mettre de côté les projets publiés il y a seize ou dix-huit ans par notre collègue M. Thomé de Gamond, mais on ne peut oublier que ses audacieuses entreprises et ses projets variés pour la jonction des chemins de fer français et anglais ont aidé à populariser cette idée et contribué à la formation de la première Compagnie anglaise, qui, sous la direction de Sir John Hawkshaw, s'est constituée pour poursuivre l'étude d'un tunnel sous le détroit. (Voir : *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, juin 1876, page 542.)

Cette société a fait percer deux trous de sonde, l'un foré à Saint-Margaret sur la côte anglaise a atteint le gault à 166 mètres de profondeur, l'autre entrepris à la Ferme-Mouron un peu à l'ouest de Calais, a été arrêté à la profondeur de 139 mètres par un accident.

A la suite de l'exposition internationale de Paris en 1867, cette société constitua un comité anglo-français, présidé pour l'Angleterre par lord Richard Grosvenor et pour la France par M. Michel Chevalier, membre de l'Institut, pour étudier les moyens d'exécution d'un tunnel et d'un chemin de fer sous-marin, reliant les routes ferrées des deux pays.

En 1868, ce comité adressa au gouvernement français la demande : « d'établir sous le fond de la mer, entre la côte de Sainte-Marguerite et un point de la côte française, à l'ouest de Calais, un tunnel pour deux voies, creusé à peu près en ligne droite, dont la longueur d'une rive à l'autre serait d'environ 34 kilomètres et dont les rampes d'accès sur chaque rive, auraient une pente limitée à 12 ou 13 millièmes, le coût probable était estimé à 250 millions. Ce comité demandait encore une subvention de 25 millions. »

Le gouvernement français fit procéder à des enquêtes, par divers départements politiques, surtout celui des affaires étrangères; il voulut connaître l'avis des ports de mer intéressés, et de quelques chambres de commerce, et provoquer enfin une enquête sur les conditions géologiques du détroit et les probabilités de succès de l'entreprise.

Les événements de la guerre de 1870 firent suspendre ces projets et ces tractations, elles furent reprises partiellement en 1874.

Le 26 décembre 1874, l'ambassadeur anglais à Paris, déclarait au ministre des affaires étrangères de France : *que le gouvernement anglais adhérait en principe à l'établissement d'un tunnel sous-marin, sauf quelques points réservés.*

Il s'était formé depuis peu en France, une nouvelle et puissante association dans laquelle l'administration du chemin de fer du Nord et MM. de Rothschild frères s'engageaient à participer pour les trois quarts de la dépense en vue de travaux préliminaires de puits et de galeries provisoires s'avançant sous la mer, de nouveaux sondages dans le détroit et de l'établissement de moteurs et d'engins pouvant servir, après les études, au percement définitif, etc.

Cette association nomma un comité permanent de 19 membres [1] dont

1. Alfred André, C. Bergeron, Isaac Bonna, E. Cézanne, Michel Chevalier, P. Christofle,

M. Michel Chevalier était président; 5 membres de ce comité furent choisis pour former un sous-comité directeur [1].

Au commencement de janvier 1875, M. Michel Chevalier déposa une demande en vue d'obtenir du gouvernement français :

1° L'autorisation de faire des recherches pour étudier la possibilité d'un tunnel sous-marin, entre l'Angleterre et la France ;

2° La concession d'un chemin de fer qui, partant d'un point entre Boulogne et Calais, pénétrerait sous la mer dans la direction de l'Angleterre ;

3° En cas de réussite des travaux de recherches, l'autorisation de constituer une société définitive pour l'exécution et l'exploitation commerciale du tunnel et de ses lignes de jonction avec le chemin de fer du Nord d'une part et, d'autre part, avec les lignes ferrées anglaises exploitées par la compagnie du South-Eastern et celle du London Chatham and Dover railway.

Un projet de loi présenté à l'Assemblée nationale le 18 janvier 1875, par M. le maréchal de Mac-Mahon, président de la République française, et par M. E. Caillaux, ministre des Travaux publics, fut adopté par cette Assemblée le 2 août 1875. L'acte de concession comprend 7 articles :

« 1° La concession définitive, mais sans subvention ni garantie d'intérêt de la part de l'État; les concessionnaires devront conclure une entente avec une société anglaise, autorisée à entreprendre un chemin de fer sous-marin partant du littoral anglais et dirigé vers la France et traiter avec ladite société dans le but d'exécuter et d'exploiter d'un commun accord, l'ensemble du chemin de fer international ;

« 2° L'obligation pour les concessionnaires d'exécuter des travaux préparatoires, puits, sondages, etc., jusqu'à concurrence d'une dépense de 2 millions au moins.

« 3° Les souterrains auront au minimum 8 mètres de largeur entre les pieds-droits au niveau des rails et 6 mètres de hauteur sous clef au-dessus des rails ;

Daniel Colladon. C. A. Demachy, Fernand-Raoul Duval, Hély d'Oissel, A. Jouet Pastré, Fr. Kuhlmann, Alexandre Lavalley, P. Le Roy-Beaulieu, Léon Say, Henry Sieber, G. de Soubeyran, Paulin Talabot, F. Vernes.

MM. Cézanne et Talabot ont été remplacés par MM. E. Caillaux et comte Pillet-Will.

1. MM. Michel Chevalier, F. Raoul Duval, A. Lavalley et Léon Say, auxquels a été adjoint, en 1877, M. E. Caillaux.

M. Léon Say a succédé à la présidence après le décès de M. Michel Chevalier.

« 4° Les concessionnaires doivent déclarer avant le terme de 8 ans, s'ils veulent persister ou renoncer à la concession accordée ;

« 5° Si la compagnie persiste, on lui accordera 20 ans pour achever les travaux ;

« 6° La durée de la concession sera de 99 ans, à partir de la mise en exploitation. Pendant 30 ans le gouvernement français n'autorisera aucun autre tunnel sous-marin sur les côtes du détroit ;

« 7° Les concessionnaires pourront renoncer à toute époque en cas d'impossibilité d'exécution bien constatée ;

« 8° En cas de guerre imminente, l'exploitation du chemin de fer pourra être suspendue, mais la durée de la concession et le délai de 30 ans seront prorogés d'un temps égal à la durée de suspension d'exploitation.

« 9° A toute époque, après 15 ans d'exploitation, le gouvernement pourra racheter la partie française de l'entreprise, d'après les produits des cinq meilleurs rendements nets, des sept dernières années en payant une annuité égale à la moyenne de ces cinq années jusqu'à la fin de la concession. »

L'observation des falaises sur l'une et l'autre rive, les premiers sondages exécutés par M. Brunel, les puits forés par la compagnie Hawkshaw à Saint-Margaret et à la Ferme-Mouron, avaient déjà fait connaître d'une manière générale approximative, l'épaisseur et la direction des couches qui composent les abords et le fond du détroit. Ces couches ont une allure uniforme qui se reproduit presque identiquement sur chacune des deux rives, et les assises correspondantes contiennent les mêmes fossiles ; elles s'abaissent à mesure qu'elles avancent vers le nord-est, cette inclinaison moyenne d'un peu plus d'un centième est sensiblement la même sur les deux côtes, où on voit ces couches successives s'incliner parallèlement et disparaître l'une après l'autre sous le niveau de la mer à mesure qu'on avance vers le nord-est, depuis Folkestone jusqu'à Deal, du côté de l'Angleterre, et de Wissant à Sangatte sur la rive française.

Les couches inférieures qui plongent les premières près Folkestone et Wissant sont formées *d'argile noire et de sables verts ;* au-dessus de ces couches inférieures, on trouve une assise de plusieurs mètres d'épaisseur, composée d'argile glauconieuse compacte, *dite assise du gault*, surmontée d'une couche *de craie chloritée* plus mince, con-

tenant des nodules de phosphates et des points verdâtres ; l'aspect de cette couche est très reconnaissable, aussi a-t-elle servi habituellement de repère principal pendant les sondages sous-marins et le percement des puits. Au-dessus de cette craie chloritée on trouve une puissante assise de *craie bleue grisâtre* dont l'épaisseur est comprise entre 30 et 40 mètres, dans le voisinage de Sangatte du côté de la France et de celui de Douvres sur la rive anglaise.

La craie qui forme cette assise renferme une quantité d'argile variable de 15 à 35 pour 100, qui lui donne cette couleur gris bleuâtre, d'où son nom de *craie grise*, (grey chalk), on la désigne aussi en France sous le nom de *craie de Rouen*. Cette craie grise est à fort peu près imperméable à l'eau, elle est assez résistante à la rupture et à l'écrasement, mais peut se couper au couteau, elle contient quelques rares rognons de pyrites, mais pas de rognons de silex, elle est très peu fendillée et bien rarement mélangée de très minces couches de sable.

Au-dessus de cette craie grise et en contact immédiat avec elle, on trouve une assise de craie blanchâtre, dont l'épaisseur assez considérable se voit sur la côte anglaise près de Douvres, où elle forme de vastes escarpements qui ont fait donner le nom d'*Albion* à l'Angleterre. Les mêmes assises existent avec une hauteur moindre sur la côte française, d'où le nom des caps *Blanc-Nez*, situés à quelques kilomètres à l'ouest de Sangatte. Cette craie blanche se retrouve dans toute la largeur du détroit, elle plonge dans la direction du nord-est, comme les couches précédentes.

Cette puissante assise n'est pas homogène dans toute sa hauteur, les parties inférieures dures et noduleuses, ne contiennent pas de silex, mais quelques lits argileux, et quelques fissures aquifères ; au-dessus le nombre des fissures augmente, on rencontre des couches minces de sables et de graviers et des lits de rognons siliceux ; enfin la partie supérieure est formée par un lit de craie blanche peu résistante contenant encore des silex et surtout de très nombreuses fissures et veines d'eau.

Si la mer était à sec dans le détroit, on verrait entre la côte anglaise et la côte française ces différentes couches venir affleurer successivement en bandes transversales à peu près parallèles, sur le fond presque horizontal de la mer ; si elles se montraient d'une manière continue et sans brusques déviations dans toute la largeur du détroit, on serait en

droit de conclure que leurs assises n'ont pas été disloquées par des failles, ou par de puissants soulèvements.

C'était là une des questions les plus essentielles et les plus urgentes à éclaircir, aussi l'éminent ingénieur, M. Lavalley, membre délégué du comité directeur, s'empressa dès le mois de juillet 1875, de préparer des études de sondage dans le fond du détroit et, dans ce but, il appela à son aide une commission composée de MM. Potier et de Lapparent, ingénieurs des mines, attachés à la carte géologique de France, et d'un habile ingénieur hydrographe, M. Larousse. Cette commission activement secondée par MM. Lavalley et F, Raoul Duval, fréta, dès la fin de juillet 1875, un petit bateau à vapeur pour des sondages en mer ; M. Larousse s'était occupé préalablement de noter sur chaque rive des points de repères élevés, qui pussent servir à déterminer depuis le bateau à vapeur, la position géographique de chacun des points de la surface de la mer, où le navire se serait arrêté pendant chaque sondage[1].

Sir John Hawkshaw prêta à la commission un des outils dont lui et M. Brunel s'étaient servis pour leurs premières recherches au fond de la mer; cet outil se compose d'une espèce de cône allongé en plomb, pesant 40 à 50 kilogrammes, traversé par une tige en fer, dans le sens de sa longueur, cette tige portait à sa partie supérieure un anneau pour attacher la corde de sonde, et à sa partie inférieure une douille D taraudée, dans laquelle on vissait des tubes en acier ayant environ $0^{m},15$ centimètres de long et $0^{m},020$ à $0^{m},022$ millimètres de diamètre intérieur, les bords inférieurs de ces tubes en acier étaient taillés en biseau comme un emporte-pièce, pour pénétrer dans les couches du fond de la mer, l'intérieur était taraudé afin de retenir plus facilement les échantillons découpés.

La profondeur moyenne du détroit dans les parties explorées est de

1. M. Larousse fixe le degré d'approximation à 8 ou 10 mètres.
On trouve dans les *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, séance du 19 novembre 1875, une communication du plus haut intérêt, faite par M. A. Lavalley, sur ces premières opérations (voir aussi le numéro de juin 1877, page 362).

30 à 40 mètres et les profondeurs maxima ne dépassent pas 55 mètres en basse mer.

La manœuvre se faisait comme suit :

M. Larousse, en s'aidant d'un cercle à réflexion et de repères choisis sur les deux côtes, faisait diriger et arrêter le navire sur un point déterminé, à son signal, on lâchait l'outil de sonde, qui mettait 5 à 10 secondes pour descendre et frapper le fond bien à pic, la longueur de corde de sonde développée, en tenant compte de l'heure et de la hauteur de la marée au-dessus du zéro hydrographique français[1], déterminait la profondeur, la sonde était rapidement relevée, et si le tube d'acier rapportait un échantillon on enlevait ce tube et on le remplaçait immédiatement par un autre, on dégageait alors l'échantillon rapporté et on l'enfermait dans un flacon sur lequel on inscrivait la profondeur de la mer et le numéro du point de la carte, ou l'opération s'était effectuée.

En général, le temps total nécessité par chaque coup de sonde, a varié de 2 à 4 minutes pendant les sondages de 1875, et de 1 minute et demie à 3 minutes pendant ceux de 1876, l'opération la plus longue était celle de la manœuvre du bateau à vapeur pour l'amener et le maintenir quelques moments en un point déterminé par la vérification des angles que formaient entre elles les lignes visuelles dirigées depuis le navire vers les repères situés sur les côtes.

Plusieurs circonstances augmentaient les difficultés de ces opérations ; les courants de la mer qui, dans le canal, atteignent fréquemment une vitesse de 3 à 4 nœuds ($1^m,54$ à $2^m,05$ par seconde), l'action des vents qui tendaient à faire dévier le navire, enfin et surtout les brumes très fréquentes dans le détroit qui ne permettent pas d'entreprendre avec suite des études de ce genre en dehors des mois de juin, juillet, août et d'une portion de septembre. La première année 1875 on ne put opérer que 26 fois, du 10 août au 26 septembre, on réussit cependant à exécuter pendant ce temps 1523 sondages et à recueillir 753 échantillons, dont la moitié seulement purent être classés avec certitude quant à leur nature minéralogique.

En 1876, la commission entreprit de nouveaux sondages depuis le 20 juin jusqu'au 15 septembre, avec un bateau à vapeur plus

1. Les corrections à faire pour les hauteurs des marées, selon le point du détroit et l'heure exacte, laissent une incertitude d'environ $0^m,60$, car les hauteurs des marées relativement au zéro hydrographique et au temps, varient en chaque point du détroit.

grand, muni d'un treuil à vapeur pour retirer rapidement la ligne de sonde; la saison fut généralement mauvaise, de fréquentes brumes gênaient les opérations; en général, dans le détroit, les calmes sont souvent accompagnés de brume et l'atmosphère n'est bien transparente que lorsque le vent souffle avec force ; pendant toute la durée de cette campagne, il n'y eut que 28 jours pendant lesquels il fut possible d'opérer dans les parties centrales du détroit jusqu'à cinq milles des côtes, on put cependant effectuer 6,149 coups de sonde dont 2,500 rapportèrent des échantillons.

En résumé, les 7,700 coups de sonde environ de 1875 et 1876, ont servi à explorer la nature du fond sur un quadrilatère ayant plus de 300 kilomètres carrés, soit environ 38 kilomètres de longueur comptés sur une ligne oblique d'une rive et l'autre, à une largeur moyenne d'environ 8 kilomètres dans le sens de l'axe du détroit; ce quadrilatère est compris entre deux lignes droites, l'une qui va de Folkestone au cap Blanc-Nez, et l'autre joignant South Forcland à Calais.

Ce magnifique travail a permis d'établir des plans, ou dessins géologiques suffisamment exacts des affleurements des diverses couches précitées sur le fond du détroit. Ce fond, fréquemment balayé par de forts courants, s'est trouvé heureusement dépouillé de sables, de graviers et de dépôts boueux, sur plus des neuf dixièmes de son étendue.

La régularité des affleurements dans le fond de la mer a présenté quelques perturbations, provenant surtout de deux soulèvements ou bombements principaux sous-marins, savoir: le *banc de Varne* à 13 kilomètres environ au sud de Douvres et le *soulèvement des Quénocs et du Riden rouge* à 5 kilomètres à l'ouest de Calais, de ces deux bas-fonds sous-marins il est résulté dans l'allure des affleurements des couches de fond des perturbations locales notables, qui se font sentir jusqu'à quelques kilomètres au nord-est du banc de Varne et de celui des Quénocs[1].

Dès le mois de février 1876, le comité directeur français avait fait procéder au forage d'un trou de sonde, près du bord de la mer à 700 mètres à l'est du clocher de Sangatte. Pendant ce travail, on a rencontré, à 23 mètres de profondeur, la craie blanche solide, à 64 mètres, la craie

1. Outre les sondages à la corde, on a fait, en 1876, avec des scaphandriers, une exploration des Quénocs et du Riden rouge, par des fonds de 5 mètres. Ils ont rapporté des fragments de rochers appartenant aux grès verts et analogues à ceux qu'on observe au-dessous de l'argile du gault au nord du port de Folkestone.

de Rouen, à 82 mètres la même craie solide sableuse, à 96 mètres des rognons phosphatés de la craie glauconieuse, et à 100 mètres l'argile du gault, ce forage a été poussé jusqu'à 130 mètres ; on a trouvé sous l'argile du gault 5 mètres d'argile noire, puis une épaisseur de 4 mètres de sables aquifères et d'argiles peu solides.

En 1878 le comité permanent prit une décision importante, celle de transporter l'origine du tunnel à environ deux kilomètres au sud-ouest du trou de sonde ci-dessus, entre Sangatte et le cap Blanc-Nez.

On décida d'établir en ce point, à peu de distance de la mer, un puits de $2^m,50$ de diamètre et d'entreprendre, après son achèvement, à titre d'essai, une galerie sous-marine dans la partie inférieure de la craie de Rouen, afin de bien constater son degré d'étanchéité.

La construction de ce puits ne put être achevée qu'au bout de deux années environ, les arrivées d'eau pendant la traversée de la craie blanche supérieure, furent si considérables qu'il fallut revêtir l'intérieur du puits d'un puissant cuvelage, commander et installer une machine à vapeur et des pompes d'épuisement plus puissantes que celles qui avaient été préalablement établies.

En janvier 1881, les études faites sur l'épaisseur et l'étanchéité de la craie de Rouen, pendant le percement du puits, et l'excavation à la main d'une première galerie d'essai dirigée sous la mer, avaient paru favorables *à une réussite très probable de l'entreprise* et déterminé le comité français à adopter dans la séance du 19 janvier, les trois résolutions suivantes :

1° L'installation de machines puissantes pour la compression de l'air, en vue de l'aérage des galeries à excaver et de la mise en activité de la perforation mécanique ;

2° Le fonçage d'un grand puits de $5^m,40$ de diamètre et 80 mètres de profondeur, placé à 28 mètres du premier, destiné à l'enlèvement des déblais et à la circulation des ouvriers ;

3° Le creusement d'une seconde galerie prolongée sous la mer, et située à quelques mètres en contre-bas de celle déjà commencée ; ces deux galeries devant communiquer entre elles par des cheminées de jonction pour faciliter l'aérage et l'asséchement de la galerie supérieure.

Avant cette séance M. Léon Say, devenu président par suite du décès de M. Chevalier, avait désiré connaître l'opinion de M. Colladon sur les meilleurs moyens pour le transport de la force motrice obtenue à

l'extérieur des puits, jusqu'aux chantiers de perforation dans le tunnel. Le sous-comité directeur adopta le préavis remis par cet ingénieur, membre du comité, sur la préférence à donner à une commande d'un nouveau moteur à vapeur et d'appareils à comprimer l'air d'une grande puissance, afin d'assurer la sécurité des travailleurs pendant le percement des galeries d'essai sous la mer, et afin de pouvoir se servir ensuite, sans perte de temps, des mêmes machines pour poursuivre l'entreprise si l'exécution définitive était adoptée.

La maison L. Sautter, Lemonnier et C^ie^ de Paris, reçut quelque temps après la commande d'exécuter à Sangatte la création d'un atelier d'air comprimé, basé sur l'établissement d'une machine à vapeur de 150 chevaux de force et de quatre compresseurs d'air analogues à ceux adoptés à l'extrémité nord du grand tunnel du Saint-Gothard[1]. Ces machines ont été essayées à Sangatte devant des experts, le 4 mai 1882, ces essais démontrèrent que le rendement promis était dépassé[2].

Les quatre compresseurs, construits dans les ateliers de MM. L. Sautter, Lemonnier et C^ie^, peuvent agir ensemble ou séparément, la tension de l'air peut être portée, au besoin à 8 atmosphères, mais pour les premiers kilomètres et l'excavation d'une galerie d'essai, on a pu se contenter de 2 atmosphères.

L'exécution de la machine à vapeur a été confiée par MM. L. Sautter, Lemonnier et C^ie^, à M. Joseph Farcot.

Les nombreuses délégations d'ingénieurs français et étrangers qui ont visité les appareils, établis à Sangatte, ont admiré ces belles installations.

1. *Article 2 du marché* : Les deux groupes de compresseurs d'air seront composés chacun de deux cylindres à comprimer l'air du système Colladon. Chacun des cylindres pourra fournir par minute, à une vitesse de 45 tours, 830 litres d'air comprimé à 8 atmosphères effectives ou 2,500 litres d'air comprimé à 2 atmosphères effectives ; de telle sorte que trois cylindres compresseurs travaillant ensemble fourniraient 10,000 litres d'air par minute à 2 atmosphères effectives. — Les cylindres seront à double enveloppe et à circulation intérieure d'eau ; ils porteront en outre les injections d'eau pulvérisée du système Colladon ; les soupapes et les pistons et en général tous les organes de ces compresseurs seront du système le plus perfectionné. — Chaque cylindre sera disposé de manière à pouvoir fonctionner isolément et, dans chaque groupe, chaque cylindre pourra marcher indépendamment de son conjugué.

2. D'après le procès-verbal contresigné par les parties, des expériences d'essai faites le 4 mai 1882 pour la réception des machines, en présence et sous la direction de MM. Breton, ingénieur-directeur des travaux, Dron, ingénieur des chantiers de Sangatte et des représentants des constructeurs, le rendement en air comprimé, sous une pression de huit atmosphères, a été de près de 89 pour 100 (exactement, 88.7 pour 100).

§ II.

TRANSPORT DE LA FORCE PAR L'AIR COMPRIMÉ.

a) *Renseignements et documents officiels, sur les premières études expérimentales en vue de la perforation des longs tunnels par l'emploi de l'air comprimé.*

b) *Examen des meilleurs procédés pour le transport économique de la force dans les tunnels par l'emploi de l'air comprimé.*

Dans le préavis qui m'avait été demandé par M. le Président du sous-comité directeur, sur le meilleur système pour la transmission de la force motrice, combinée avec un bon aérage pour les travaux du tunnel sous-marin, je n'avais pu hésiter à donner la préférence à l'emploi de l'air, comprimé à la tension de quelques atmosphères et amené jusqu'au fond des galeries dans une conduite métallique de fort diamètre pouvant être chauffée au besoin pour utiliser la détente dans les moteurs secondaires sous-marins.

Le système de l'air comprimé transportant la force motrice, et aérant les travaux d'un tunnel, est aujourd'hui le seul généralement usité *et je tiens à rappeler, avec quelques détails très peu connus à l'appui*, que dès l'année 1852 je l'avais fait prévaloir en Piémont par opposition aux procédés basés sur l'emploi d'un câble métallique sans fin, que l'ingénieur, chef tout-puissant pour les études du percement du mont Cenis, M. Henri Maus, avait proposé et fait adopter à l'unanimité en novembre 1849, par la commission gouvernementale technique d'examen des projets de ce tunnel, que présidait le Ministre des travaux publics, M. P. Paléocapa.

Ayant dirigé à Genève, à la fin de 1849, d'importants travaux de canalisations métalliques, j'en avais profité pour entreprendre, *en vue du percement du tunnel du mont Cenis*, des expériences sur la résistance qu'éprouve *l'air fortement comprimé, lorsqu'il circule dans des tubes de grand diamètre* (voir la note *B* à la fin de cette notice).

On n'avait à cette époque aucune donnée d'expérience applicable à ce cas ; *jusqu'alors on n'avait entrepris que des essais limités à des pressions restreintes*, pour des circulations du gaz d'éclairage, ou de l'air, *dans des conduites d'un faible diamètre.*

Les formules et les coefficients déduits de ces premiers essais par les expérimentateurs MM. Girard, Daubuisson, etc., étaient cependant admis par analogie, comme pouvant être appliqués très approxi-

mativement, à des tubes d'un plus fort diamètre transportant de l'air à des tensions beaucoup plus élevées. On en déduisait des pertes de force vive notablement exagérées pour la circulation de l'air fortement comprimé dans les conduites métalliques.

Les expériences très exactes que j'avais commencées en 1850 et reprises au printemps de 1852 avec l'idée de présenter au gouvernement sarde un nouveau système d'exécution du tunnel du mont Cenis, m'avaient démontré qu'en faisant usage de tubes *soigneusement nettoyés*, dont le diamètre atteignait $0^m,18$ et $0^m,25$ *et en employant de l'air comprimé à deux, trois atmosphères, ou au delà, on obtiendrait la transmission du travail à de grandes distances avec une perte de force vive qui ne serait* QUE LA MOITIÉ ENVIRON, *de celle calculée d'après les formules et les coefficients de résistance indiqués par MM. Girard, Daubuisson et Pecqueur.*

Il était dès lors bien constaté par mes expériences qu'une force supérieure à cent chevaux, pourrait être transportée jusqu'à plusieurs kilomètres, par l'air fortement comprimé, avec plus de sécurité et une bien plus grande économie d'argent et de force, que par l'emploi du câble que M. Maus avait proposé à la commission gouvernementale technique et que celle-ci avait approuvé à l'unanimité.

Le MÉMOIRE que je remis au gouvernement sarde à Turin en décembre 1852, renfermait l'ensemble des tableaux de mes expériences et la justification de la supériorité de ma méthode et des nouveaux procédés décrits dans ce mémoire, pour réaliser une puissante économie des travaux de perforation, leur plus rapide avancement, et une énergique aération du tunnel.

Mes propositions furent très bien accueillies par les ministres de Cavour et Paléocapa, tous deux ingénieurs, par les principaux membres de la commission du mont Cenis et par une commission de l'Académie des sciences de Turin. Un des membres les plus autorisés de la commission technique du mont Cenis, le professeur Menabrea, en fit un éloge public dans le *Journal officiel du Duché de Savoie* (n° du 19 janvier 1853.) Il déclarait : « *que j'avais inventé un nouveau mécanisme et proposé de nouveaux et puissants moyens qui sont de nature à abréger considérablement l'opération et la rendre beaucoup moins coûteuse*[1]. »

1. Extrait d'une lettre datée du 16 janvier publiée dans le numéro du 19 janvier 1853 de la *Gazette officielle du Duché de Savoie*, M. F. Menabrea, professeur et ingénieur, était à cette

La commission de l'Académie des sciences, dans un rapport officiel adressé au Président du Conseil des Ministres sur mes tableaux d'expériences et de nouveaux procédés que je proposais, fait l'éloge « *des démonstrations contenues dans* MON MÉMOIRE. *Elle reconnait surtout de quelle importance peuvent être les inventions de M. Colladon pour hâter l'exécution des chemins de fer destinés à franchir les Alpes*[1]. »

Je tiens à bien constater que pendant les trois années écoulées, de novembre 1849 à décembre 1852, malgré une vaste et libérale publicité du gouvernement sarde, sur les projets de M. H. Maus pour le percement du mont Cenis, sur les moyens qu'il propose et sur les délibérations de la commission technique nommée pour les examiner[2], je fus ABSOLUMENT SEUL A INDIQUER *l'application de l'air comprimé pour la transmission de la force motrice destinée à la perforation ; j'étais également le* SEUL *qui eût démontré à cette époque par des expériences directes, l'économie considérable qu'on devait obtenir par cette nouvelle méthode de percement, dans les frais et dans la valeur du travail transporté jusqu'au fond des deux galeries.* (Voir la note A à la fin de cette notice.)

Ayant été nommé en 1872, Ingénieur-Conseil de l'entreprise du grand tunnel du Saint-Gothard, où j'ai fait établir de puissantes installations pour la compression de l'air jusqu'à 8 et 14 atmosphères, j'avais espéré qu'avant la mise en exploitation de ce tunnel, je pourrais renouveller mes expériences de 1852 et opérer avec une canalisation rectiligne en tubes de $0^m,20$ de diamètre, sur une longueur totale de plusieurs kilomètres.

J'avais fait construire par M. Édouard Bourdon de Paris, en 1878 et en vue de ces expériences, deux manomètres spéciaux de grand diamètre soigneusement vérifiés et indiquant les vingtièmes d'atmosphère.

Retardé par une grave indisposition dans la réalisation de ce projet, pour lequel il fallait saisir une des bien rares suspensions momentanées des travaux d'excavation, j'ai été heureux de pouvoir être remplacé

époque membre du Parlement et député de la Maurienne ; comme membre de la commission du mont Cenis et plus tard comme ministre des travaux publics, il a été un des savants qui ont le plus contribué à favoriser l'exécution du tunnel ; il avait provoqué entre lui, M. Maus et moi, une entrevue qui eut lieu le 16 décembre 1852 ; dans cette conférence M. Menabrea fit tous ses efforts pour convertir M. Maus à mes idées et lui faire adopter le système de l'emploi de l'air comprimé, mais il ne put y réussir, M. Maus ne voulut pas renoncer à l'emploi d'une câble sans fin.

1. Rapport officiel transmis par l'Académie des Sciences de Turin au ministère sarde, en date du 13 février 1853.

2. Rapport sur les études de M. Henri Maus, suivi du Rapport de la Commission d'examen et des procès-verbaux des séances de cette commission, publication de l'Imprimerie Royale de Turin (en Italien et en Français) 1850.

dans cette délicate entreprise, par mon ami et collègue, avec lequel j'avais espéré faire en commun ces essais, M. Ernest Stockalper, ancien élève du Polytechnicum de Zurich, connu par ses consciencieuses études sur le percement du Simplon et qui de 1873 à 1881 a été ingénieur-chef de service dirigeant les travaux d'exécution de la moitié nord du tunnel du Saint-Gothard.

Les expériences de M. Stockalper exécutées avec toutes les précautions voulues et des appareils délicats soigneusement vérifiés, ont été faites le 17 septembre 1878.

Ce sont incontestablement les seules expériences inattaquables connues jusqu'à aujourd'hui, sur les pertes de force vive qu'éprouve l'air comprimé, employé à la tension de quelques atmosphères, dans les tubes de fort diamètre et avec des longueurs de canalisation considérables (4,600 mètres en tubes de $0^m,20$, et 5,122 mètres continus, dont 4,600 de $0^m,20$ et 522 de $0^m,15$).

M. Stockalper a pu faire trois séries de mesures à des pressions déterminées, intermédiaires entre $3\ \frac{60}{100}$ atmosphères normales de Paris et $5\ \frac{42}{100}$ atmosphères.

Les formules et les valeurs qu'il a obtenues par la discussion des résultats observés, sont évidemment celles qui doivent servir de base aujourd'hui à tous les calculs relatifs au transport d'une force motrice considérable à des distances de quelques kilomètres; on en trouvera les détails dans la *Revue universelle des mines* de MM. Ch. de Cuyper et A. Habets, t. VII, mars et avril 1880.

Ce beau travail et les tableaux classiques publiés par notre éminent collègue M. Arson (dans le troisième cahier de la seconde série des mémoires de notre Société, année 1867), deviendront le vademecum de tous les ingénieurs qui auront à s'occuper de canalisation pour des projets d'usines à gaz, de souffleries, ou de la transmission à distance de puissantes forces motrices [1].

Le tableau contenu à la page 30 du mémoire de M. Stockalper, montre que les résultats qu'il a obtenus, *sont très rapprochés de ceux constatés à Genève en* 1852 et communiqués la même année au

1. Il serait bien désirable que le mémoire de M. E. Stockalper pût être publié dans notre recueil de mémoires, il se trouverait ainsi gratuitement sous la main de tous nos sociétaires à une époque où les questions de transport de force motrice à de grandes distances sont à l'ordre du jour.

gouvernement sarde, à la commission technique du mont Cenis et à celle que l'Académie des sciences de Turin avait nommée pour examiner mes procédés et les tableaux d'expériences contenus dans mon mémoire [1].

Les pertes de charge mesurées par M. Stockalper sont en effet d'un tiers ou de moitié plus faibles que celles qu'on aurait dû conclure des nombres et des tableaux publiés, de 1829 à 1870, par MM. Girard, Daubuisson, Pecqueur, Morin, Arson et Weissbach.

b) *Examen des meilleurs procédés pour la production et le transport de la force dans les tunnels par l'emploi de l'air comprimé.*

La question la plus essentielle à résoudre dans l'entreprise d'une perforation mécanique par l'air comprimé, en vue d'un souterrain aussi étendu que le tunnel projeté sous la Manche, c'est d'obtenir un maximum d'effet utile à l'endroit de la perforation, avec une puissance extérieure d'un nombre donné de chevaux-vapeur et une conduite métallique étanche se prolongeant dans toute la longueur de la galerie souterraine déjà excavée.

Il est évident de prime abord que le diamètre de cette conduite, si elle est unique, devra être aussi grand que possible, car la perte de charge que subit l'air moteur dans une conduite est proportionnelle au carré de la vitesse de circulation et par conséquent inverse de la surface de section des tubes ou du carré de leur diamètre.

Ce diamètre est supposé déterminé à l'avance, ainsi que la tension normale N que l'on veut obtenir au moment où l'air sortant des pompes de compression est reçu dans des réservoirs servant de régulateurs, ou de magasins d'air.

Quant au choix d'un système de pompe, il est indispensable que celui adopté permette de remédier au réchauffement de l'air comprimé par le piston A L'INSTANT MÊME OU S'OPÈRE LA COMPRESSION.

On distingue pour chaque cylindrée deux périodes : 1° *la période de compression proprement dite, de une à N atmosphères, et* 2° *celle d'emmagasinement.*

L'air se dilate de 0,00367 de son volume à zéro par chaque degré d'échauffement au-dessus de la glace fondante. Sans recourir à de

1. Ce MÉMOIRE auquel étaient joints les tableaux originaux de mes expériences de 1852 et de nombreux détails, a disparu dans les bureaux du gouvernement sarde, sans que les actives recherches faites pour le retrouver, aient donné aucun résultat ! !

longs calculs, *on peut rendre palpable en quelques mots, la perte de travail qui résulte du réchauffement de l'air pendant sa compression.*

Si nous appelons L la longueur d'une cylindrée, faisons $L = l + l'$, l étant le chemin décrit par le piston pendant la compression jusqu'à N atmosphères et l' le chemin qu'il décrit pour emmagasiner le volume d'air comprimé.

Le travail total résistant pour une cylindrée, se compose de la somme des deux travaux partiels $l \times \varphi + l' \times \varphi'$, φ' étant la pression sur l'unité de surface correspondante à N atmosphères et φ une pression intermédiaire comprise entre une et N atmosphères et par conséquent plus petite que φ'; si donc l' augmente aux dépens de l, le travail résistant sera augmenté.

Le réchauffement de l'air pendant la compression lui fait atteindre la tension N dans un plus court chemin du piston que celui qui correspondrait à la loi de Mariotte, il allonge d'autant le chemin d'emmagasinement; le travail total résistant est donc augmenté, et cependant le poids d'air introduit à chaque cylindrée dans les réservoirs à la tension N n'a pas subi d'accroissement, son volume s'est bien augmenté momentanément, mais le refroidissement qui survient avant que ce poids d'air ait atteint les moteurs secondaires, anéantit le bénéfice qui pourrait en résulter.

Ce réchauffement pendant la compression, qui devient excessif quand la tension N dépasse quelques atmosphères, a d'autres graves inconvénients, il détruit les huiles, fatigue les appareils, cause des grippements, etc.; il importe donc essentiellement de pouvoir l'empêcher.

Le procédé qui était habituellement adopté, il y a dix ou douze ans, consistait à employer des cylindres à double enveloppe et à faire circuler de l'eau fraîche entre les deux, ou à placer les pompes comprimantes dans un baquet d'eau pour refroidir leur surface extérieure.

On a aussi employé dans ce but en 1863 au mont Cenis (après avoir renoncé à l'emploi excessivement défectueux des béliers compresseurs), des pompes à piston liquide, analogues en principe à celles usitées en 1826 à Paris pour comprimer le gaz d'éclairage [1], mais l'expérience a démontré que, même avec ces pompes, la température peut s'élever pendant la compression à plus de 60 et 80 degrés; enfin ces pompes ne pouvant agir utilement à grande vitesse, la

1. Dumas, *Chimie appliquée aux Arts*, t. I^er^, page 687 (1828).

dépense en capital de machines comprimantes et l'emplacement qui doit leur être réservé, augmentent notablement[1].

J'ai fait breveter, en 1871, une disposition peu coûteuse qui permet de refroidir le piston et sa tige par une circulation continue d'eau fraîche à leur intérieur. Cette disposition a été adoptée avantageusement dans un grand nombre d'appareils et en particulier dans ceux qui servent à comprimer les gaz absorbables par l'eau, ou le gaz d'éclairage riche auquel le contact de l'eau enlève du pouvoir éclairant sous une forte pression.

Mais le procédé très simple et remarquablement énergique que j'ai indiqué et mis en pratique le premier, dès 1871, consiste à employer un petit volume d'eau fraîche lancée à un état de division extrême dans l'intérieur du cylindre compresseur.

Le système des injecteurs pulvérisateurs que j'ai appliqué à tous les nombreux et puissants compresseurs d'air à grande vitesse installés à chaque extrémité du tunnel du Gothard, m'a permis de comprimer de l'air *sans réchauffement nuisible, jusqu'à* 8 *et même jusqu'à* 14 *atmosphères* dans nos pompes de fort volume marchant à très grande vitesse.

Ces pompes donnent normalement *cinq et six coups de piston par seconde;* la période de la compression pour chaque cylindrée dure moins d'un cinquième de seconde et cependant la température de l'air sortant de ces compresseurs du Gothard *ne s'élève que de vingt à vingt-cinq degrés centigrades, avec une dépense d'eau fraîche qui n'est que de un à deux millièmes, du volume d'air aspiré.*

Cette merveilleuse rapidité d'action annule au delà de ce qu'on aurait pu espérer, la perte de travail ci-dessus indiquée[2]. On peut consulter au sujet des résultats pratiques obtenus au Saint-Gothard avec des compresseurs à injection d'eau pulvérisée, les expériences citées à la page 414 de M. Pernolet.

1. Voir le cinquième rapport trimestriel du Conseil fédéral Suisse, page 21.
Voir aussi, *A. Pernolet*, page 405, un diagramme, relevé par M. François, sur un compresseur Sommeiller, et page 411 du même traité les avantages de l'injection d'eau pulvérulente.

2. Ce procédé que j'ai employé le premier et qui est aujourd'hui adopté par la plupart des constructeurs a été publié dans bien des revues ou traités, voir : *Rapports trimestriels du Conseil fédéral sur les travaux du tunnel du Saint-Gothard,* numéros V, XIV et XVI; *Revue industrielle des Mines,* 1874, t. XXXVI première livraison; *Le livre classique sur l'emploi de l'air comprimé de A. Pernolet,* pages 269, 271 et 411, etc. Il a d'ailleurs été en fonction jour et nuit depuis 1873 jusqu'à 1881 aux chantiers de compression du Saint-Gothard, à Goeschenen et à Airolo, où il a été visité et étudié de près, par des milliers de visiteurs; j'ai donc été étrangement surpris de lire dans des comptes rendus sur les travaux du tunnel de l'Arlberg, travaux commencés il y a moins de trois ans, que les ingé-

L'eau fraîche, lancée à l'état pulvérulent dans le cylindre, est incontestablement le seul procédé réellement efficace pour prévenir un réchauffement notable de l'air à l'instant même où il est comprimé. *C'est aussi celui qui, en donnant un refroidissement maximum avec un minimum d'eau injectée, rend possible et facile le filtrage préalable du volume d'eau destiné à l'injection.*

Ce n'est pas l'eau, mais ce sont les parties sableuses qui ovalisent les cylindres et usent les pistons; en injectant de l'eau préalablement nettoyée par le filtrage, on diminue les frais d'entretien des appareils compresseurs et on est moins exposé à des déchets d'air comprimé occasionnés par les fuites d'un côté à l'autre du piston.

Quand un certain poids d'air comprimé circule dans les conduites, la quantité de travail disponible qu'il emporte avec lui augmente avec sa tension. Les pertes de charge dans ces conduites, sont proportionnelles au carré de la vitesse de circulation et par conséquent au carré des volumes qu'occupe le même poids d'air soumis à différents degrés de tension; elles sont d'ailleurs à fort peu près indépendantes de la densité de l'air, tant qu'il chemine avec une vitesse uniforme dans les longues canalisations [1].

Si donc on désire accélérer les travaux, ou les poursuivre à de très grandes distances, il conviendra de renforcer les moteurs placés hors du tunnel et de comprimer l'air à de hautes tensions.

Pour tirer le meilleur parti de ce travail latent, contenu dans un poids d'air à haute tension transporté jusqu'aux moteurs secondaires placés à l'intérieur du souterrain, *il faut pouvoir utiliser sa détente jusqu'à près d'une atmosphère et prévenir par des moyens artificiels le refroidissement excessif qui accompagne son expansion, occasionne des dépôts de givre et arrête le jeu des soupapes d'échappement.*

L'utilisation de la détente dépend donc entièrement de la possibi-

nieurs et constructeurs d'appareils de compression pour ce tunnel racontent aux visiteurs qu'ils ont été les premiers à injecter de l'eau dans les cylindres et qu'au Saint-Gothard on n'avait employé que des compresseurs du *système Colladon comprimant à sec!* Cette fausse assertion que des ingénieurs de mérite ont crue et adoptée sur parole et qu'ils ont publiée, a fait le tour de quelques revues ou journaux scientifiques. Je profite de cette occasion pour réfuter cette erreur d'autant plus inconcevable que les ingénieurs et les constructeurs qui s'occupent des travaux de l'Arlberg ont usé maintes fois de la large hospitalité accordée aux visiteurs des travaux du tunnel du Gothard, où ils ont eu toutes les facilités pour étudier à loisir les travaux et les appareils.

1. La perte de charge provenant de la résistance que les parois de la conduite opposent à la circulation de l'air comprimé est en partie compensée par l'influence utile de l'excès de densité de l'air contenu dans la colonne tubulaire qui descend dans le puits, sur celle de l'air atmosphérique qui entoure cette colonne.

lité d'élever la température de l'air comprimé qui doit agir dans les moteurs secondaires.

Sans discuter à fond les avantages ou les inconvénients des divers moyens de réchauffement qui pourront être utilisés, j'indiquerai seulement qu'on peut employer deux systèmes différents :

L'air comprimé peut être réchauffé dans le tube conducteur avant son introduction dans les cylindres des moteurs secondaires.

Le réchauffement peut aussi s'effectuer dans ces cylindres en injectant de la vapeur, ou de l'eau tiède pulvérisée pendant l'opération de la détente [1].

Le réchauffement de l'air comprimé avant son introduction dans les moteurs secondaires, peut s'opérer de bien des manières entre lesquelles il est difficile de distinguer *a priori*, laquelle sera la plus avantageuse.

On peut en effet réchauffer l'air contenu dans les conduites par l'emploi de combustibles solides, liquides, ou gazeux, et spécialement par l'emploi du gaz hydrogène ou du gaz d'éclairage, lesquels peuvent être conduits jusque auprès des excavateurs, soit par une canalisation spéciale, soit aussi, ce qui paraît préférable, par les procédés connus du gaz portatif comprimé. Cet emploi du gaz portatif comprimé serait très facile à appliquer au chantier de Sangatte; on établirait une petite usine à gaz à proximité des moteurs à vapeur, la force nécessaire pour comprimer le gaz, dans des récipients portatifs, se trouverait à quelques pas; les moyens de transport de ces récipients jusqu'aux chantiers d'excavation abonderaient.

L'emploi des récipients portatifs est le plus rassurant contre les fuites et les dangers d'explosion à l'intérieur des galeries; le mécanicien qui dirigera le travail d'un excavateur aura sous la main et pourra régler à sa volonté le volume de gaz qu'il jugera nécessaire, soit pour éclairer ses travaux, soit pour chauffer l'air comprimé avant son introduction dans les moteurs, soit enfin pour chauffer de l'eau en vue du système de M. Mékarski.

1. J'ai indiqué et conseillé ce premier système dans un brevet de septembre 1871. M. L. Mékarski m'écrit que le principe de sa bouillotte, réchauffeur-saturateur, se trouve dans un certificat d'addition, pris en 1873 à son brevet de novembre 1872, relativement à son *régulateur de pression de l'air comprimé utilisé comme moteur*. M. F.-L. Cornet géologue belge, ingénieur aux mines du Flénu, à publié à Mons en 1875, des *Considérations sur la production et l'emploi de l'air comprimé dans les travaux d'exploitation des mines*. Dans ce mémoire il conseille d'injecter, pendant la détente, de l'eau pulvérisée prise à la température de la mine, pour prolonger la détente.

On pourra étudier par la suite la possibilité d'un réchauffement produit près des moteurs secondaires par des courants électriques, dans le moment actuel leur emploi ne pourrait entrer en comparaison avec l'échauffement par le gaz.

§ III.

ÉTAT ACTUEL DES TRAVAUX EXÉCUTÉS OU COMMENCÉS EN VUE DE L'EXÉCUTION D'UN CHEMIN DE FER SOUS LA MANCHE.

Du côté de l'Angleterre, une entreprise, rivale de celle dirigée par sir John Hawkshaw s'est constituée, en 1880, sous le patronage de la Compagnie de South-Eastern railway.

Cette Compagnie, dont le président est sir Edward Watkin, M. F. Brady, l'ingénieur, et M. le colonel Beaumont l'entrepreneur de la perforation, a fait achever deux puits à l'ouest de Douvres, et commencé dans l'assise de la craie de Rouen, une galerie sous marine plongeante, inclinée de 12,5 millièmes.

Le colonel Beaumont a entrepris ce percement au moyen de l'air comprimé avec un excavateur d'un nouveau système de son invention, appareil simple, solide et très ingénieux.

La Compagnie de lord Grosvenor et de sir John Hawkshaw semble regretter son premier projet, celui de percer de Saint-Margaret's-bay à la Ferme-Mouron, un tunnel en ligne droite excavé en tout, ou partie, dans la craie blanche[1].

La compagnie du South-Eastern railway, entretient des rapports suivis avec l'Association française, et, se basant sur les indications géologiques que celle-ci s'était empressée de lui fournir, elle a fait achever à Schakespeare-cliff, entre Folkestone et Douvres, un puits de 49 mètres de profondeur entièrement creusé dans la craie de Rouen, et dont le fond se trouve à la cote de 29 mètres au-dessous des plus basses mers.

Rassurée par l'étanchéité des parois de ce puits, elle a entrepris de percer depuis sa base inférieure une galerie qui s'avance sous la mer

1. M. J.-C. Hawkshaw a lu à l'Association britannique réunie à Southampton en 1882, une notice sur les travaux de la Compagnie du tunnel sous la Manche (*Channel tunnel Company*). Les exemples qu'il donne dans cette notice sur les puissants moyens employés par sir John Hawkshaw, dans d'autres travaux de galeries souterraines pour poursuivre les excavations malgré d'abondantes infiltrations, sont très rassurantes pour le succès définitif de l'entreprise d'un tunnel sous-marin.

avec une pente descendante de 12 et demi millièmes. Cette galerie entièrement percée avec la machine Beaumont a avancé régulièrement, en se maintenant dans la craie de Rouen (grey chalk), et au printemps de 1882, elle avait dépassé une longueur de 1,800 mètres, dont 1,400 sous la haute mer; son niveau le plus bas se trouvait à 51 mètres au-dessous du niveau de la mer[1].

Les rares venues d'eau rencontrées pendant le percement de ces 1,800 mètres de galerie, ont été facilement arrêtées par des espèces de ceintures intérieures en fer fondu, formées de cinq segments réunis et consolidés par des boulons. Ces ceintures ou anneaux intérieurs, pressent fortement contre les parois et refoulent des couches de mastic préalablement interposées, contre les fissures qui laissent suinter des filets d'eau.

Cette galerie avait déjà atteint une longueur de 2,000 mètres, lorsque les travaux furent suspendus par ordre du gouvernement anglais, avec défense de les continuer avant la solution d'une enquête essentiellement militaire et la décision à prendre par le Parlement au sujet de l'achèvement du tunnel.

Pendant ce long trajet de deux kilomètres, et quoique cette galerie aille en descendant à mesure qu'elle avance sous la mer, les infiltrations ont été si rares et si peu abondantes qu'elles n'ont occasionné aucun obstacle sérieux à la rapidité des travaux.

Lorsque la galerie sous-marine aura atteint son niveau le plus bas, on drainera toute la partie descendante par un souterrain percé du fond d'un puits creusé sur le rivage anglais entre Douvres et Saint-Margaret, jusqu'au point le plus bas de la ligne du tunnel sous les eaux anglaises.

Pendant qu'on achevait sur la côte française le second puits de Sangatte, de $5^{m},40$ de diamètre, le comité permanent français s'était décidé, d'après les conseils de son habile ingénieur, M. Breton, préposé aux travaux de Sangatte, de percer sous la mer deux galeries d'étude, l'une descendante sous une faible inclinaison, était dans une direction qui paraissait pouvoir convenir à peu près à un tunnel définitif,

1. La machine perforatrice Beaumont ayant été adoptée pour le percement des galeries sous-marines, sur la côte française, on donnera plus loin la description de cette machine telle qu'elle a été formulée par M. F. Raoul Duval, dans sa communication à l'Académie des Sciences, en juin 1882.

Le perforateur Beaumont n'est pas la seule machine qui ait été proposée pour la perforation des tunnels sous la Manche; sir John Hawkshaw s'était proposé d'employer un excavateur, connu sous le nom de machine Brunton, déjà essayé en Angleterre pour quelques exploitations de carrières.

l'autre, commencée plus bas, et latéralement, devait communiquer avec la première par des cheminées obliques convenablement espacées, elle devait être cylindrique, avec un diamètre intérieur de $2^m,14$, et s'avancer sous la mer avec une pente ascendante, afin de servir de canal d'égout aux infiltrations d'eau que rencontrerait la grande galerie supérieure. L'ensemble de ces deux souterrains et des cheminées qui les mettaient en communication, devait en même temps faciliter l'aérage.

Le comité français, désirant expérimenter simultanément la machine Brunton et la machine Beaumont, traita séparément avec les deux inventeurs; la machine Brunton devait être prête au printemps de 1882, pour commencer le percement d'une première galerie supérieure descendante d'un peu plus de 2 mètres de diamètre. La machine Beaumont devait être livrée à peu près à la même époque, pour servir au creusement de la galerie inférieure.

Le transport et l'installation de ces deux excavateurs, au bas des puits de Sangatte et la pose des tubes d'air pour la transmission de l'air comprimé jusqu'à l'intérieur des galeries, ralentirent pendant quelque temps le commencement des travaux d'exécution, ce ne fut qu'à la fin de juillet 1882 que la machine Beaumont put commencer à travailler; depuis lors, elle a marché régulièrement, sans aucun accident, avec un progrès marqué[1].

Voici une description de cette machine, lue à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 26 juin 1882, par M. F. Raoul Duval.

« L'outil de la machine Beaumont consiste en une sorte de T dont la croix porte une série de couteaux, ou grattoirs, destinés à attaquer la roche. La longueur de la croix correspond au diamètre de la galerie à creuser.

« La tige du T, consistant en un long arbre en acier très puissant placé horizontalement selon l'axe de la galerie, reçoit son mouvement de rotation grâce à une série d'engrenages très solidement construits, ralentissant successivement le mouvement pris à l'origine sur l'arbre manivelle d'une machine motrice à deux cylindres conjugués, actionnée par de l'air comprimé.

« En même temps que se produit le mouvement de rotation, un com-

1. A la fin de l'année 1882, elle avançait en moyenne de 16 à 18 mètres en 24 heures. En février 1883, elle a pu un jour atteindre à $24^m,80$ en 24 heures.

presseur hydraulique, analogue à celui des ascenseurs en usage dans quelques habitations de Paris, produit un mouvement de translation qui peut avoir lieu en avant, en arrière, ou être suspendu par un simple jeu de valve.

« Pour permettre, grâce à cet appareil hydraulique, le mouvement de la machine, celle-ci se compose de deux parties se déplaçant l'une par rapport à l'autre, par glissement. La partie inférieure consiste en un demi-cylindre en forte tôle d'un rayon presque égal à celui de la galerie à creuser. Elle constitue une sorte de berceau portant des glissières, sur lesquelles se meut la partie supérieure, puissant bâti en fonte qui porte tout le mécanisme.

« Le berceau est lié au piston du compresseur hydraulique, et le bâti portant le mécanisme à son cylindre; de sorte que lorsque l'on comprime l'eau dans le corps cylindrique, le piston étant lié au berceau qui reste immobile tant qu'il repose solidement sur le sol, c'est le cylindre et le bâti de la machine qui fait corps avec lui, qui, sous l'effort de l'eau en pression, s'avance sur les glissières, en poussant contre le front de taille de la galerie les outils découpeurs; ceux-ci, dans un mouvement lent de rotation de 1 tour et demi à 3 tours par minute, accomplissent leur œuvre.

« Les débris de la roche tombent sur le sol de la galerie, d'où ils sont relevés par de vastes cuillers formées par deux évidements réservés dans la branche du T porte-outil. Ces cuillers, dans leur mouvement de rotation, se vident dans une chaîne à godets qui en passant sous le bâti vient rejeter les déblais en arrière de la machine, à une hauteur qui permet leur chargement direct dans des wagonnets disposés à cet effet.

« Lorsque l'outil, sous l'action de la pression hydraulique, a parcouru une longueur de $1^{m},37$, on arrête quelques instants pour soulever tout l'appareil mécanique de $0^{m},02$ ou $0^{m},03$, avec une combinaison de crics appropriés qui le fixent solidement et le rendent immobile; le berceau cesse alors d'adhérer fortement au sol, et, en faisant agir la pression de l'eau sur l'autre face du piston, le berceau, lié à la tige du piston, est entraîné à son tour, par rapport au bâti immobilisé sur des crics, et il vient prendre sa nouvelle position en avant. Les crics sont alors soulagés et l'appareil est prêt pour un nouvel avancement. Toute cette manœuvre fort simple n'exige que quelques instants.

« La machine Beaumont est alimentée au chantier de Sangatte,

avec de l'air comprimé par les appareils de M. le professeur Colladon, à une pression de deux atmosphères effectives qui augmentera plus tard, selon les besoins.

« La distribution d'air est calculée pour donner au premier arbre commandé par les compresseurs une vitesse normale de 100 tours par minute, et à l'outil lui-même celle de 1 tour et demi à la minute.

« Le mouvement hydraulique est calculé pour produire un avancement de $0^m,012$ par tour soit $0^m,018$ par minute, en rapport avec la dureté de la craie grise.

« Dans ces conditions de marche, l'avancement de la galerie serait de $1^m,08$ par heure ; mais, en raison des manœuvres pour remettre la machine en fonctionnement, à chaque avancement de $1^m,37$, on ne peut compter au maximum, que sur un avancement de 1 mètre par heure, ce qui est déjà un très bon résultat. La machine qui travaille du côté anglais, d'un type moins puissant, atteint des avancements de 15 mètres en vingt-quatre heures, soit environ $0^m,60$ à l'heure.

« La forme circulaire des galeries, la netteté de leur parois frappent vivement les personnes qui les visitent. Il y a dans l'emploi de la machine Beaumont un progrès considérable pour l'art du mineur, lorsqu'il s'agit de pousser les travaux souterrains dans des roches de dureté moyenne et de composition assez régulière, comme la craie de Rouen. La rapidité d'avancement, la suppression de l'emploi de la poudre ou d'autres agents explosifs, la sécurité plus grande qui en résulte pour les ouvriers mineurs, tant par un meilleur aérage que par l'absence d'ébranlements qui, en se propageant à travers les bancs de rocher, créent toujours le danger de communication avec les couches aquifères voisines, tout cela constitue des traits caractéristiques d'une grande importance, au point de vue de l'exécution d'un travail aussi spécial que celui de la construction du chemin de fer sous-marin. »

A cette description de M. Duval, extraite des comptes rendus de l'Académie des Sciences je dois ajouter une courte analyse du système Brunton et expliquer en quoi son principe diffère essentiellement de celui de l'appareil qu'emploie le colonel Beaumont.

La machine établie à Sangatte par M. Brunton et ses associés au commencement de l'été 1882, était destinée à percer sous la mer à titre d'essai, une galerie cylindrique de $2^m,15$ de diamètre, à peu près, dans la direction du tunnel projeté.

Cet appareil d'excavation essayé depuis quelques années dans des travaux de carrières, a subi de nombreux changements, mais son principe essentiel se retrouve dans ces diverses transformations.

D'après ce principe, au lieu d'attaquer tout le front de taille avec un seul découpoir de grand diamètre, comme le fait le colonel Beaumont, on creuse sa surface par trois ou plusieurs disques de diamètres restreints, placés excentriquement et armés de burins.

Ces disques sont animés d'un double mouvement planétaire : un mouvement rapide de rotation autour d'un axe individuel et un mouvement lent de transport circulaire autour de l'axe du tunnel.

La machine Brunton essayée récemment à Sangatte montre un chariot massif roulant sur deux rails et portant l'appareil excavateur.

Celui-ci se compose essentiellement de deux pièces concentriques distinctes ayant des vitesses angulaires différentes autour d'un axe horizontal commun qui est aussi l'axe du souterrain.

La pièce centrale est un arbre en acier A A′, de gros diamètre, long de quatre mètres environ, terminé à chacune de ses extrémités A et A′ par une forte roue dentée; celle d'arrière reçoit et transmet à son arbre un mouvement de rotation rapide produit par des moteurs à air, l'autre roue dentée, fixée à l'extrémité A′ près du front de taille, doit servir à faire tourner autour de leur axe spécial, les disques planétaires excavateurs.

Cet arbre central horizontal A A′ est logé à l'intérieur d'un gros cylindre, un peu plus court, qui l'entoure, le soutient et le fait avancer lentement vers le front de taille. Cette enveloppe cylindrique porte à son extrémité voisine du front de taille trois, ou plusieurs appendices se relevant à angle droit, comme autant de rayons divergents massifs, équidistants entre eux. Chacun de ces appendices est muni d'un arbre court spécial, dont l'axe est parallèle à celui du grand arbre central.

A l'extrémité antérieure de ces arbres courts spéciaux, est un fort pignon qui doit s'engrener avec la roue dentée fixée en A′ à l'avant du long arbre central, et ce pignon est lié du côté du front de taille à un disque découpeur centré avec lui.

Quand la machine travaille, le cylindre en fer fondu, à l'intérieur duquel peut tourner librement l'arbre central, reçoit aussi un mouvement individuel lent de rotation, auquel participent ses appendices, leurs pignons et leurs disques excavateurs.

Ces disques et leurs burins, par leur mouvement de rotation rapide autour de leur axe individuel, découpent le front de taille en se pro-

menant circulairement et lentement autour de son centre de figure et de l'axe du tunnel, tandis que le chariot sur lequel l'appareil est solidement attaché, avance d'une quantité convenablement réglée, selon la résistance de la roche à excaver.

La machine du système Brunton est ingénieuse dans son principe, mais elle est compliquée dans ses détails d'exécution et plus exposée aux accidents que celle du colonel Beaumont. Celle installée à Sangatte à éprouvé de graves avaries et on a dû renoncer à son usage. La machine Beaumont a pu, par contre, continuer sans accident à creuser la galerie inférieure et son chemin progressif quotidien assure une vitesse moyenne d'avancement de 15 à 20 mètres par vingt-quatre heures. Un des jours de février 1883 on a atteint 24^{m},80 en vingt-quatre heures.

Les appareils de compression d'air, établis à Sangatte, ont marché avec une parfaite régularité et le moteur a le pouvoir nécessaire. Le comité français est entré en pourparlers avec le colonel Beaumont pour des essais d'une puissante machine de son système disposée pour excaver de prime abord un souterrain cylindrique d'environ quatre mètres de diamètre.

Les galeries d'essai, percées par la perforatrice Beaumont, à Schakespeare-cliff et à Sangatte, seront fort utiles pour le travail définitif, leur première orientation au lieu de tendre vers une jonction directe, a été dirigée à l'origine presque parallèlement aux rives, dans la direction du nord-est, afin d'atteindre la profondeur voulue sans quitter l'assise de la craie grise.

Le contournement du tunnel à son départ sous la rive française, n'a pas, en effet, pour cause unique la nécessité d'éviter les Quénocs, il est aussi motivé par la convenance de rester continuellement à proximité du gault. Il semble que tout soit disposé de la manière la plus favorable quant à la couche imperméable dite craie de Rouen, puisque le tunnel pourra avoir son entrée à l'affleurement de cette couche près Saint-Pol au nord de Wissant, descendre jusqu'au droit de Sangatte avec la pente de la couche, et gagner une profondeur suffisante pour s'engager alors sous la mer à un niveau convenable.

L'étude de l'inclinaison exacte et des épaisseurs de la couche imperméable sous le bord de la mer sur la côte française, est en ce moment le but principal que poursuivent le sous-comité directeur français et l'ingénieur des travaux M. Breton. — Ce sous-comité à déjà fait forer dans ce but trois trous de sonde, le premier foré en 1876 près du bord

de la mer à 700 mètres à l'est de Sangatte; le second foré en 1879 à 600 mètres à l'est du premier; le troisième exécuté cet hiver à 550 mètres à l'ouest du clocher de Sangatte a atteint le gault à 51^{m},70 au-dessous du zéro hydrographique. — On prépare un quatrième forage, à 1,000 mètres à l'est de celui de 1879, afin de déterminer très approximativement le point de la côte où la surface du gault se trouve à 140 mètres au-dessous du zéro hydrographique. Ce point une fois reconnu, on installera là deux puits jumeaux atteignant cette profondeur et, de leur base, on dirigera un souterrain principal de drainage et d'aération destiné à aller rejoindre à peu de distance du milieu du détroit, les parties les plus basses du tunnel sous-marin du côté de la France.

La rencontre définitive des galeries, anglaise et française, est d'ailleurs certaine malgré leurs premiers contours; les instruments et les procédés pour la vérification des lignes d'axe sont si perfectionnés que le plus grand écart probable dans le raccordement des deux fronts de taille opposés, ne pourra dépasser quatre ou cinq mètres, or les bruits et les chocs se transmettent dans les couches de craie à des distances supérieures à cent mètres et les mineurs seront avertis bien à l'avance de leur rapprochement progressif, comme ils l'ont été aux tunnels du Fréjus et du Saint-Gothard.

Il n'y a donc aucune inquiétude possible au sujet de la rencontre sous la mer des deux galeries opposées.

Quant à l'épaisseur minima réservée entre la voûte du tunnel et le fond de la mer, elle serait d'environ trente à quarante mètres.

Au commencement de l'automne 1882, la situation des trois compagnies, dont nous avons parlé se comporte comme suit: *La première compagnie anglaise du tunnel sous la Manche*, c'est-à-dire celle incorporée en janvier 1872, et dont sir John Hawkshaw est l'ingénieur principal, demande au gouvernement anglais d'autoriser un tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre, qui entrerait sous la mer à trois kilomètres à l'est de Douvres à Fan-Hole près de South-Foreland, ce tunnel serait percé dans les parties inférieures de la craie blanche, pourrait arriver un peu à l'est de Sangatte et se réunir au tracé curviligne du comité permanent français. Cette compagnie qui paraît vouloir utiliser l'excavateur Brunton, n'a pas encore creusé de galerie d'une longueur notable sous la mer.

L'autre compagnie anglaise *the Submarine continental Railway Company*, a acquis les premiers travaux de la compagnie du South-

Eastern, consistant en puits creusés, sur le bord de la mer, elle a continué la galerie sous-marine descendante qui a atteint au milieu de l'année 1882 une longueur de deux kilomètres.

Cette compagnie dont sir Edward Watkin, membre du Parlement, est le président, et le colonel Beaumont, l'entrepreneur de la perforation, poursuivait le prolongement de cette galerie, avec un progrès moyen d'environ 12 mètres par vingt-quatre heures, lorsquelle a reçu l'ordre du gouvernement anglais de suspendre ses travaux et d'attendre une décision du Parlement, autorisant ou interdisant leur continuation.

En France, la troisième compagnie, qui porte le nom de : *Comité permanent de l'association française pour le chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre*, a rempli loyalement toutes les conditions qui lui étaient imposées par l'acte de concession du 2 août 1875, elle a accompli de magnifiques travaux préparatoires en puits, sondages, installations de bâtiments et de machines et percement d'une galerie sous-marine d'une longueur qui dépasse 1,800 mètres, et elle à dépensé à ces études, constructions et travaux, à fort peu près la somme de deux millions, montant du premier capital souscrit[1]. C'est au mois d'août prochain, qu'elle devra déclarer, si elle compte persister à entreprendre le tunnel définitif, ce à quoi elle est bien résolue, si elle peut conclure à un arrangement avec les compagnies anglaises lorsque celles-ci auront les pouvoirs légaux nécessaires.

Jusqu'à ce jour tous les travaux faits sur les deux rives du détroit montrent que la probabilité de succès de l'entreprise pourrait être considérée comme une presque certitude.

C'est avec une véritable stupéfaction que l'on a vu naître et se développer, il y a environ une année, chez quelques membres influents de l'armée anglaise, de la Chambre des Lords et de la Chambre des Communes, une opposition décidée à la continuation de cette œuvre d'union entre les deux pays, sous prétexte de dangers fantastiques qui pourraient résulter de l'établissement d'un tunnel, si essentiellement impropre par son extrême longueur et par sa position sous la mer, à l'invasion subite d'une armée, qu'il serait si facile de NOYER,

1. Le comité permanent sur les légitimes espérances de succès qui résultent de ce vaste et coûteux ensemble de travaux qui ont été esquissés dans cette notice, continue activement ses recherches et vient de décider, dans une assemblée générale réunie le 9 mai 1883, de former un fond supplémentaire de 500,000 francs pour continuer les travaux, entretenir les chantiers et préparer les projets définitifs.

ou même d'ASPHYXIER, puisqu'il suffirait pour cela de suspendre momentanément sur la côte anglaise l'insufflation de l'air dans le tunnel, ou d'y mélanger des gaz vénéneux.

Ce qui rendrait surtout profondément odieuse cette suspension des travaux du tunnel, c'est qu'elle surviendrait au dernier moment, *huit années après que les travaux avaient été commencés et poursuivis avec la pleine approbation du gouvernement anglais*, qui, dès 1874, avait fait déclarer par son ambassadeur « *qu'il adhérait, en principe, aux dispositions proposées par le gouvernement français, en vue de l'établissement d'un tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre, sous la seule réserve de quelques observations auxquelles le gouvernement français ne manquerait pas de donner une entière satisfaction.* »

Cette déclaration du 26 décembre 1874 n'avait pas été la seule marque d'approbation donnée par le gouvernement anglais à l'établissement d'un tunnel. Le 13 février 1875, lord Derby avait proposé au gouvernement anglais de constituer une commission internationale pour élaborer un projet à soumettre aux deux gouvernements, en vue de fixer les juridictions définitives et l'exploitation de la ligne sous-marine.

En février 1876, cette commission s'est réunie à Paris, puis elle s'est réunie de nouveau à Londres et, après les observations présentées par les deux gouvernements, elle a adopté le *protocole du* 30 *mai* 1876 destiné à servir de base au traité à conclure entre les deux gouvernements. Ces mesures proposées par le gouvernement anglais avec l'active participation des délégués de ses administrations spéciales, témoignent bien de l'*adhésion officielle et sans réserve* donnée par le gouvernement anglais au projet du tunnel sous-marin.

C'est, d'ailleurs, le Parlement anglais qui, dans ces dernières années, avait accordé à la *South Eastern Railway Company* des pouvoirs pour procéder à ces essais de tunnels, partant de la côte anglaise, *en se référant au protocole du* 30 *mai*.

Est-il possible d'admettre qu'après huit années d'approbation et d'encouragements tacites accordés en vue de l'exécution d'un tunnel international projeté et lorsque des espérances si légitimes ont été suscitées par la réussite de travaux aussi considérables et moyennant la dépense de plusieurs millions, un gouvernement puisse interposer subitement son *veto*, sans qu'aucun événement matériel soit intervenu pour fournir un motif quelconque à ce recul.

P. S. — Nous engageons nos lecteurs à se procurer chez Chaix, rue Bergère, 20, à Paris, l'*Extrait du procès-verbal de la séance du* 20 *novembre* 1882, de l'Association du chemin de fer sous-marin; ils y trouveront un exposé détaillé des tractations diplomatiques entre la France et l'Angleterre au sujet de l'exécution projetée de ce chemin de fer.

NOTE A.

La génération actuelle des ingénieurs et des techniciens aura de la peine à comprendre comment on a pu, en 1848 et 1849, proposer de transmettre pour le tunnel du mont Cenis jusqu'au fond de galeries étroites, devant atteindre 6 à 7 kilomètres de profondeur, une force de plus de 100 chevaux aux mécanismes excavateurs, par un double câble métallique courant à douze mètres par seconde porté sur des centaines de poulies, renoncer aux explosifs et essayer d'aérer par quelques-unes de ces poulies transformées en ventilateurs centrifuges, au lieu de recourir à une circulation d'air comprimé transportant le travail moteur et aérant la mine.

Elle comprendra moins encore que ce projet de double câble, si dangereux pour les ouvriers, devant absorber plus des quatre cinquièmes du travail primitif et aérant si mal, ait reçu, en novembre 1849, l'approbation unanime de savants illustres formant la commission technique d'examen des projets Maus, et qu'après que ces projets et rapports imprimés en français et en italien, aux frais du gouvernement sarde, eurent été mis en circulation, envoyés à des corps savants et à des ingénieurs en renom dès janvier 1850, il se soit écoulé *trois années entières* pendant la durée desquelles aucune des communications reçues à Turin, SAUF LA MIENNE, ne parlait ou ne faisait une allusion directe ou indirecte à l'emploi de l'air comprimé, pour aérer et transporter la force.

Mais si l'on se reporte aux publications rares et incomplètes, imprimées jusqu'à cette époque sur les résistances de l'air dans les conduites, à l'absence d'appareils connus pour comprimer économiquement et rapidement de grandes masses d'air à de hautes tensions sans leur permettre de s'échauffer de quelques centaines de degrés, et si l'on tient compte des exagérations et des préjugés qui avaient cours alors sur ce sujet chez la plupart des ingénieurs en renom, on comprendra comment cette idée si simple en apparence n'avait séduit personne.

Sans l'occasion qui s'était offerte à moi d'étudier la résistance du gaz d'éclairage dans de très longues conduites, au moyen de manomètres d'une exquise sensibilité et de répéter ensuite ces expériences sur de l'air fortement comprimé, je n'aurais pas été conduit à chercher les lois de ces résistances et à constater qu'elles étaient beaucoup plus favorables qu'on ne l'admettait alors à une transmission économique d'une force motrice de 100 à 200 chevaux, ou plus, à des distances de plusieurs kilomètres.

Les savants, membres de la commission technique du mont Cenis, et ceux qui composaient la commission nommée par l'Académie des Sciences de Turin pour examiner mes projets et les tableaux d'expériences con-

tenus dans mon *mémoire*, de 1852, n'auraient probablement donné que peu d'attention à mes projets, si les tableaux que ce mémoire contenait et la réputation de physicien exact que j'avais pu acquérir par des travaux antérieurs, ne les avaient convaincus de la justesse de mes conclusions.

Une autre cause se joignait à la première pour éloigner de l'esprit des techniciens, l'idée d'employer des volumes considérables d'air à haute tension.

On ne connaissait, en 1850, que des pompes à air, de construction tout à fait défectueuse, à soupapes vicieuses, à passages d'air restreints, et pour empêcher leur échauffement excessif, on n'avait d'autres ressources que de les plonger dans des auges où circulait un courant d'eau fraîche, palliatif absolument insuffisant pour l'emploi de pompes de fort volume, agissant à grande vitesse.

Dans mon mémoire, remis en décembre 1852 au Président du conseil des ministres à Turin, j'avais indiqué l'emploi de pompes refroidies extérieurement et intérieurement par une circulation d'eau; c'était la partie de mes procédés qui, à Turin, paraissait encore problématique pour des applications sur une très grande échelle.

Lorsque, neuf mois plus tard (dans l'automne 1853), trois jeunes ingénieurs sardes, MM. Grandis, Sommeiller et Grattoni, connus et protégés de MM. Cavour et Paleocapa, et employés sur la ligne de Gênes à Turin, *parurent pour la première fois dans ces questions d'air comprimé* en se faisant breveter pour de grands béliers hydrauliques destinés à la compression de l'air, *leur but essentiel était de les utiliser à l'impulsion des trains sur de fortes rampes, ils affirmaient que leur bélier compresseur serait le seul et unique appareil économique et pratique pour obtenir de grands volumes d'air fortement comprimé.*

Ils avaient même obtenu, en 1854, un prêt de 90,000 francs voté par le Parlement, sur la demande des deux ministres cités, pour entreprendre en s'aidant du bélier, un essai de remorque par l'impulsion de l'air comprimé applicable à la rampe du Giovi sur la ligne de Gênes à Turin, et un délai de deux ans pour le faire réussir, ou rembourser la somme en cas d'insuccès.

Cet essai n'ayant pas abouti, ce fut seulement en 1856 qu'ils s'occupèrent *pour la première fois, d'après un conseil de M. de Cavour, de proposer une application de l'air comprimé par le bélier, à des essais de perforation du tunnel du mont Cenis.* MM. de Cavour et Paleocapa firent alors voter par le Parlement la loi relative à l'exécution de ce tunnel; l'article 2 de cette loi décidait en substance que ces travaux de percement seraient entrepris par l'emploi de l'air comprimé *en se servant du bélier hydraulique des trois ingénieurs susnommés.*

Il est curieux de relire la suite de ces débats dans les actes du Parlement national de 1857 (Turin, imprimerie des héritiers Botta); on y reconnaît les incroyables préjugés qui dominaient alors chez d'habiles ingé-

nieurs et les membres influents du Parlement, sur les effets merveilleux qui devaient résulter de l'emploi des béliers compresseurs.

Voici par exemple comment s'exprimait à la Chambre des députés le 25 juin 1857, M. Germain Sommeiller, membre de la Chambre (*Actes du Parlement* p. 1343) :

« A l'égard de la locomotion sur le plan incliné des Giovi, M. le Ministre des Travaux publics vous a donné toutes les explications nécessaires.

« Messieurs, il ne s'agissait pas aux Giovi d'aller immédiatement prendre un convoi et le conduire de Pontedecimo à Busalla ; c'était là, à la vérité, le but à obtenir ; *mais le moyen pour y parvenir était d'abord de comprimer l'air ; la question vitale était là.*

« L'honorable M. Chio a cité l'opinion d'un habile ingénieur que j'ai visité à Paris, les paroles avec lesquelles il me quitta ne me démontrèrent qu'une chose, *c'est que tous ceux qui jusqu'alors s'étaient occupés d'air comprimé avaient fait fausse route.*

« Ils ont construit les machines sans avoir la force qui devait les animer, ils avaient dépecé la peau de l'ours avant de l'avoir tué. *Il fallait avoir l'air comprimé et ils ne l'avaient pas*, nous, au contraire, nous avons concentré toute notre attention, tous nos travaux sur ce point, et c'était précisément le point le plus difficile.

« Le point le plus difficile est gagné ; *aujourd'hui l'air comprimé est trouvé, messieurs ;* les torrents des Alpes sont devenus nos esclaves ; ils vont travailler pour nous. (*Bravo !*)

« *Maintenant l'air comprimé est trouvé, il n'est pas trouvé depuis longtemps, il l'est depuis que notre machine* (*le bélier*) *marche à la Coscia*, ce qui vous prouve qu'avec de semblables moyens on se rendra promptement maître du mont Cenis. » etc.

Voilà qu'elles étaient les assertions qui dominaient l'opinion en 1857.

Les trois ingénieurs, devenus chefs des travaux aux frais de l'État, en 1857 ont fait construire dix béliers colossaux pour Modane et dix pour Bardonnèche, leur construction et leur installation à coûté deux millions quatre cent mille francs ; ceux de Modane n'ont jamais pu servir et ceux de Bardonnèche n'ont servi que deux ans et demi, de 1861 à juillet 1863.

Quelques graves accidents avaient été occasionnés avant l'établissement des filtres, lorsque, en effet, l'eau était trouble, le jeu des béliers devenait irrégulier, les soupapes fonctionnaient mal, et par moments la réaction de l'air, plus puissante que 26 mètres d'eau, lançait en arrière en trombe verticale instantanée, les sept ou huit mille litres que contenait le bélier, enlevait les toitures, inondait les ateliers et brisait parfois les enveloppes en fonte.

Le canal dérivé du torrent Mélézet donnait 46 mètres de chute ; il fallut en perdre 20, les béliers étant préparés pour cinq atmosphères effectives, ou 26 mètres de chute.

Du côté de Modane, l'installation était encore plus défectueuse. La dérivation canalisée de la rivière d'Arc donnait 6 mètres cubes par seconde,

avec 6 mètres seulement de hauteur de chute, au lieu de 26 mètres exigés par les béliers. On établit donc des roues et des pompes hydrauliques d'une puissance effective supérieure à deux cents chevaux, pour élever l'eau de la rivière dans un vaste bassin en fonte, soutenu à 26 mètres d'élévation, pour que, de là, elle pût retomber dans les béliers.

Les critiques de visiteurs ayant une grande autorité scientifique ne manquèrent pas; mais la position des ingénieurs était très singulière : ils avaient affirmé devant le Parlement que les béliers étaient les seuls engins capables de comprimer l'air industriellement à six atmosphères. Les propositions de M. Colladon au ministère sarde pour la compression par des pompes à piston avaient été, par suite, repoussées comme irréalisables.

Dès la fin de 1860, quand on commença à mettre ces énormes appareils en activité on s'aperçut de leurs défauts; de coûteux et graves accidents occasionnés à Bardonnèche par le jeu des béliers à colonne, leur très faible rendement, l'impossibilité de hausser la pression selon la profondeur du souterrain, enfin les critiques d'hommes experts, décidèrent les trois ingénieurs associés, dès l'année 1861, à faire usage de pompes à piston et à abandonner les béliers.

Le bénéfice de ce changement fut si considérable qu'on remplaça tous les béliers par des pompes à piston.

Dans leur rapport technique, publié en 1863, les trois ingénieurs avouent et reconnaissent que le volume d'air que l'on pouvait comprimer par des pompes, avec la même puissance hydraulique, était devenu triple, par l'abandon des béliers à colonne, tandis que, d'autre part, les appareils à piston coûtaient un tiers de moins que les béliers, *tripla quantità d'aria con un terzo meno di spesa*, rédaction signée de MM. Sommeiller, Grandis et Grattoni en avril 1863. (*Relazione della direzione tecnica*, p. 92. Turin, 1863, imprimerie Cérésole et Panizza.)

NOTE B.

Je possède une lettre de M. le député et conseiller d'État de Santa-Rosa, ami intime de M. de Cavour, en réponse à celle où je le priais de dire, confidentiellement à son ami M. de Cavour, que, m'occupant d'expériences d'un haut intérêt en vue du percement du Fréjus, désireux de prendre un brevet en Piémont, je lui posais des questions sur la législation sarde. Il m'écrit, en date du 12 AVRIL 1850 : « *Je m'empresse de répondre à votre lettre du 11 de ce mois. Je viens d'en parler avec C. de Cavour, qui se trouve mon voisin à la Chambre. Nous nous empresserons de vous être utiles lorsque vous vous déciderez à présenter la demande dont vous me parlez. Informez-moi lorsque vous présenterez votre demande*, etc. »

Peu après cette date, je fus désigné, par le Conseil fédéral suisse, comme l'un des deux commissaires chargés de tout ce qui concernait les préparatifs et la surveillance, à Londres, pour la première exposition universelle de 1851.

Forcé d'interrompre mes recherches sur la résistance de l'air comprimé, je préférai suspendre ma demande de brevet plutôt que d'annoncer des résultats imparfaitement vérifiés. Mes expériences, recommencées en 1852, ayant confirmé mes prévisions, je rédigeai *ma demande de brevet pour de nouveaux procédés destinés à faciliter le percement des tunnels*, et j'y joignis *un* MÉMOIRE [1] *contenant mes tableaux d'expériences et des indications pour l'emploi de turbines qui feraient mouvoir des pompes à pistons (je rappelais le système de celles à piston immergé). J'indiquais la possibilité de se servir de perforateurs analogues et de petits marteaux-pilons, où le marteau serait remplacé par un ciseau*, etc. [2].

1. La loi sarde, en 1852, exigeait que les demandes de brevets fussent accompagnées d'une note, ou d'un mémoire explicatif.

2. Ce *Mémoire*, ainsi que je l'ai expliqué, a disparu dans un des bureaux ministériels et n'a pu être retrouvé malgré mes actives sollicitations !

NOTE

SUR

LA MER INTÉRIEURE

PAR M. A. HAUET

Vous savez tous, Messieurs, ce qu'on entend à l'heure présente par ces mots : *Mer intérieure;* néanmoins, je crois utile de vous faire un exposé très succinct de la question.

Il existe au sud de Biskra, partie en Tunisie, partie en Algérie, des dépressions très accentuées qu'on a supposé, pendant longtemps, être en contre-bas du niveau de la Méditerranée et dont les altitudes sont aujourd'hui connues avec une précision incontestable (Pl. 58).

Ces dépressions sont :

Le chott Mel R'ir dont le fond est à l'altitude 25; la courbe de son périmètre à la cote zéro a été déterminée avec une exactitude qu'on ne peut plus discuter;

Le chott Rharsa à la cote 20, mais dont la cuvette n'a pas été délimitée d'une manière aussi complète;

Le chott El Djerid situé au-dessus du niveau de la mer.

On a pensé à utiliser cette configuration topographique pour créer une mer.

La réalisation de cette idée nécessite le creusement d'un canal d'un peu moins de 200 kilomètres de longueur allant de Gabès aux chotts Rharsa et Mel R'ir, en déblayant 600 millions de mètres cubes, de façon à pouvoir déverser, de la Méditerranée dans la cuvette de ces deux chotts, un volume d'eau de 200 milliards de mètres cubes à répandre sur une superficie de 8,000 kilomètres carrés.

La dépense serait de un milliard de francs.

Pendant et après le complet remplissage de la cuvette, l'évaporation serait supérieure à la précipitation des eaux du bassin, cette perte par évaporation est évaluée à 6 milliards de mètres cubes par an ; les dimensions du canal fixées de façon à restituer ce manquant sont de 30 mètres au plafond, 14 mètres de hauteur d'eau, 72 mètres en gueule dans la terre, 37 mètres dans la roche.

Avec ces sections donnant un débit décuple de celui de la Seine le remplissage de la cuvette exige un laps de dix années.

En 1869, un membre de la Société de géographie de France, M. Georges Lavigne, fit paraître, dans la *Revue Moderne*, un travail d'une érudition condensée sur le percement de l'isthme de Gabès pour la création de cette mer intérieure en Afrique au sud de nos possessions algériennes.

Quelques années après, un officier français du plus grand mérite, M. le capitaine Roudaire du corps du génie, écrivait à son tour dans la *Revue des deux mondes*, un article analogue ayant un air de parenté avec celui de M. Lavigne, quoique le nom de ce dernier ne fût pas rappelé.

Depuis, M. Roudaire, avec une louable et persévérante ténacité, a pu intéresser à cette œuvre non seulement le monde savant comme l'avait fait M. Lavigne, mais le monde politique, l'opinion publique, elle-même, et, ce qui vaut mieux quand on veut quitter le domaine purement spéculatif pour entrer dans la voie pratique : « le monde des affaires. »

Chose qui mérite d'être notée, M. Roudaire s'est adressé, pour arriver à ces fins, à la personnalité marquante sur le compte de laquelle M. Lavigne s'exprime ainsi dans son écrit :

« Si l'ancienne religion égyptienne avait encore des prêtres et des adorateurs, M. de Lesseps prendrait rang parmi ses dieux à côté d'Osiris et dans le désert qu'il a fécondé, la reconnaissance des populations lui éleverait une pyramide. »

A l'heure actuelle, c'est nous, Français sceptiques, qui avons le culte de M. de Lesseps, la réalisation de cette création de mer intérieure semble anjourd'hui s'incarner en lui, son succès si complet de Suez, trop complet au gré de la politique anglaise, sa réussite pro-

bable et bien désirable de Panama paraissent de favorable augure pour Gabès.

En voyant des esprits distingués, des hommes de savoir et de science enthousiastes propagandistes de la mise à exécution d'une œuvre que moi, membre obscur de votre Société, je considère comme une conception de ce roman scientifique qui jouit présentement de l'engouement fugitif de la mode, je me suis demandé si réellement je me trompais ou bien si, au contraire, les hommes supérieurs dont je parle, ne sont pas les jouets d'un entraînement qui est le mal, la caractéristique de notre époque troublée.

Des esprits aventureux voudraient renouveler la face du monde en quelques années. On aborde les problèmes les plus complexes et les plus ardus avec une superbe imperturbable. On veut faire Paris port de mer, on veut faire de Paris une immense gare de chemins de fer, on veut conquérir le Sahara à la civilisation, ou veut faire des trains d'excursion jusqu'au milieu du désert de l'Afrique. Que sais-je encore ! Et en présence de si gigantesques projets, on voit les hommes pratiques les plus éminents se heurter, sans les résoudre, à des problèmes usuels; et ne pas arriver à trouver la solution des questions pressantes qui paraissent pourtant n'exiger que de l'étude, du travail et pas de génie.

Des savants non spécialistes veulent amener la mer à Paris; et toute la science de nos ingénieurs n'arrive pas à régulariser la navigation sur le Rhône ni à supprimer une pauvre barre de sable.

Des oseurs de toute origine, des manieurs de capitaux fictifs, projettent un métropolitain devant coûter des centaines de millions pour parer à l'encombrement des rues de Paris; alors que les édiles de la première capitale du monde sont acculés à des opérations élémentaires de voirie comme le percement de la rue Mogador, l'achèvement du boulevard Haussmann, le mode de pavage et d'empierrement des rues, l'enlèvement rapide de la neige en hiver, la suppression de la poussière en été autrement qu'en faisant de la boue et en sont encore à faire disparaître les ordures de nos rues et de l'intérieur de nos maisons à l'aide de chars de maraîchers comme cela se pouvait faire, j'imagine, à l'époque romaine; et nous distribuent l'eau avec une parcimonie que ne connaissaient pas les habitants de l'ancienne Rome. Des esprits enthousiastes, novateurs audacieux, veulent construire des chemins de fer allant au centre inexploré de l'Afrique, en

employant des traverses métalliques d'un type non encore inventé; sous le fallacieux prétexte de défendre une frontière imaginaire, d'exploiter des richesses qu'on ne connaît point, de desservir des contrées où le travail, notre confrère, M. Lesueur, vous l'a dit, équivaut à un arrêt de mort; et nous, Français de la métropole, gouvernants et gouvernés, nous ne savons, au milieu d'une population dense et travailleuse, comment arriver à doter de voies ferrées des centres industriels et agricoles déshérités jusqu'à ce jour.

Des hommes considérables parlent sérieusement de percer un canal de 200 kil. pour jeter les eaux de la Méditerranée dans des bas-fonds arides et désolés sans se préoccuper de la barre qui pourra se former à l'une ou aux deux extrémités du canal, sans se demander s'il ne vaudrait pas mieux aménager les eaux de cette riche et fertile côte algérienne, où on laisse sans emploi les eaux des lacs Tonga, Mella, Oubeirah, Fetzara, etc., et des fleuves la Seybouse, le Safsaf, etc.

En présence de ces preuves d'impuissance et de stérilité, qui menacent l'avenir même de la patrie et dont votre Société, hélas! a fait, sans parti pris, en diverses circonstances, le triste constat, lorsque vos membres les plus écoutés vous disent que nos ports sont mal ou insuffisamment outillés, que notre industrie n'est pas susceptible de construire les grands bateaux propres à relever notre marine marchande; nous ne pouvons voir avec indifférence, des personnages d'élite prôner pompeusement une œuvre qui engloutirait des capitaux et des forces vives sur une terre qui n'est qu'approximativement française!

Il y a là, je ne crains point de le dire, un phénomène de névrose nationale contre lequel il est du devoir d'une Société comme la nôtre de réagir, de dire ce qu'elle pense d'un projet qui paraît vouloir s'imposer grâce au procédé américain de la réclame à outrance.

Me trouvant contredire un personnage de la taille du « grand français » M. de Lesseps, d'aucuns me taxeront de témérité, d'autres plus durement encore pour oser dire que ce vaillant entre les vaillants se trompe.

Rendons de leur vivant, aux grands hommes dont la patrie s'honore, l'hommage qui leur est légitimement dû, mais gardons-nous d'en faire des papes infaillibles sur toutes choses.

Examinons donc froidement la question, sans fétichisme, ni parti pris.

Deux commissions se sont occupées de la mer intérieure.

L'une officielle nommée par le gouvernement, nombreuse et choisie, composée de sénateurs, de députés, d'économistes, de marins, de diplomates, de financiers, d'ingénieurs de l'État, de militaires, de membres de l'Institut et de deux des vôtres, MM. Molinos et Lavalley. Beaucoup parmi eux connaissaient la côte d'Afrique.

L'autre s'est constituée elle-même, elle s'est recrutée parmi des entrepreneurs et des ingénieurs libres dont quelques-uns sont membres de votre Société.

La commission ministérielle nommée le 27 avril 1882 a remis sans tarder son travail au ministre qui lui-même a, le 28 juillet 1882, fait à M. le Président de la République un rapport inséré au *Journal officiel* du 4 août suivant.

L'opinion de M. le Président du conseil, ministre des affaires étrangères, est conforme à celle de la commission qui est d'avis :

« Qu'il n'y a pas lieu pour le gouvernement français d'encourager cette entreprise. »

La commission libre, sous le patronage illustre de M. de Lesseps, semble s'être érigée en commission d'appel de cette décision.

La commission volontaire, sous l'impulsion de M. de Lesseps, a visité l'isthme et les chotts; arrivée à Biskra en avril 1883, elle a rédigé un rapport qui devait, d'après des paroles prêtées à M. de Lesseps, « faire ressortir bien des points importants. » Voyons ce qu'il en est et quels enseignements concluants on peut tirer de ce document écrit sous le plus beau ciel du monde, dans la capitale du mirage et des illusions, dans le feu d'un enthousiasme qu'une exploration rapide n'avait pas eu le temps d'attiédir.

Au point de vue maritime, *le canal sera navigable, la mer aussi; et un bâtiment* **quel qu'il soit** *n'aura jamais rien à craindre pour sa sécurité*, une mer bénie alors; quoi jamais de houle, jamais de tempête, calme plat dans une mer 17 fois grande comme le lac de Genève? Effet de mirage !

Au point de vue agricole, *les terrains avoisinant ne manquent que d'un peu d'eau et la mer intérieure leur en donnera,* je ne pense pas qu'il soit nécessaire d'être grand clerc ès sciences pour faire remarquer que les espaces immenses aujourd'hui complètement improductifs ne deviendront cultivables et cultivés qu'à la condition qu'on aménagera les eaux, qu'on créera des barrages, des canaux d'irrigation et qu'on y amènera aussi des cultivateurs, toutes choses qui font encore grandement défaut en Algérie sur le flanc de l'Atlas qui se baigne dans la Méditerranée, qui a toujours été habité depuis des milliers de siècles, où se sont succédé des civilisations diverses et que depuis plus de cinquante années, soldats et colons français fécondent de leur sang et de leur sueur.

Au point de vue économique, *on percevra des droits de navigation sur une mer* où tout est à créer; où, depuis la plus haute antiquité : « murs, villes et ports tout dort, tout est asile de mort. » Comme notre vice-président M. de Comberousse a raison lorsqu'il demande qu'on vulgarise la science économique !

C'est avec ces droits, dit-on, *qu'on rémunérera les capitaux engagés.* Les capitalistes devront être patients.

Au point de vue du nivellement, *la commission a été unanime à reconnaître que les opérations ont été faites avec soin et sont d'une exactitude absolue.* Ce satisfecit accordé à un officier du génie, j'en demande bien pardon aux commissaires libres et officiels, est une puérilité qui n'ajoute rien aux mérites de M. le commandant Roudaire. Personne à l'heure présente, je pense, ne songe à contester l'exactitude des nivellements du savant officier, nivellement qu'une grande quantité d'opérateurs très habiles, mais gens quelquefois assez ignorants, sont aptes à faire avec une rapidité qui surprend. Passons

Au point de vue de l'exécution des travaux, *ces messieurs ont reconnu qu'ils sont très faciles, qu'on rencontrera du sable et peu de roche et que si on trouve de la roche, ce sera encore bien ; attendu qu'on s'en servira pour faire de la maçonnerie.* Tout cela n'est pas bien nouveau, et je m'étonne que M. de Lesseps l'ait répété à l'Académie des sciences ; certes je ne contesterai point la faculté maîtresse qu'a M. de Lesseps de percer un canal je me permettrai seulement de faire

une remarque au sujet des natures de terrains ou des gisements qu'on prévoit devoir rencontrer dans l'exécution de travaux.

Exemple : On a une pauvre tranchée de 4 ou 500 mille mètres cubes (le canal de Gabès cuberait 2 à 300 millions de mètres [1] et probablement d'avantage) dans un pays bien connu et étudié au point de vue géologique ; on prend la précaution de faire un certain nombre de puits de sondage à distances assez rapprochées, on trouve du sable d'une extraction facile qui réjouit tous les entrepreneurs, lesquels se livrent à un véritable *steeple-chase* de rabais sur les estimations déjà faibles. L'heureux vainqueur se met à l'œuvre et il trouve des mauvaises terres mélangées de gros cailloux, des bancs de pierres à stratifications irrégulières dans lesquels ses excavateurs et extracteurs se cassent et se disloquent ; finalement il dépense deux ou trois fois le prix qui lui est alloué.

Autre exemple : On veut percer un petit souterrain d'un millier de mètres de longueur ; en apparence, d'un côté des argiles caillouteuses qui se piochent bien, de l'autre de la roche de moyenne dureté, on creuse un puits au milieu de 60 mètres de profondeur, on se trouve tout le temps dans des schistes tendres sans une goutte d'eau, les plus doctes affirment qu'on exécutera le souterrain dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité et complètement à sec. On attaque avec confiance, et d'un côté : on se heurte à des gneiss durs, à des banc de quartz, à des pyrites dont la résistance aux outils décourage les ouvriers. A l'autre extrémité ce sont des argiles compactes et humides qui se gonflent au contact de l'air, qui brisent des boisages d'un fort diamètre comme des allumettes ; et pour parfaire on tombe sur une nappe d'eau qu'on n'arrive pas à épuiser. Les ingénieurs, les entrepreneurs gens d'expérience et de longue pratique qui croyaient pouvoir prophétiser à coup sûr se sont trompés et cependant, eux aussi, étaient experts en l'art de creuser des tranchées, de percer des souterrains.

Tous ceux d'entre vous qui ont vingt-cinq ou trente ans de pratique des travaux ont dans leurs souvenirs des exemples semblables.

Est-il nécessaire de tirer la moralité ? Non.

1. La tranchée de 170 kilomètres aurait des hauteurs minima de 28 à 56 mètres ;
— de 30 kilomètres aurait au moins..... 12 à 15 mètres.
La commission officielle estime à 600 millions de mètres cubes.

La commission a cru ne pas devoir donner son avis sur **la question politique et militaire** *qu'elle juge néanmoins très importante.*

M. de Lesseps et le premier ministre, M. de Freycinet, ont défini cette importance : la mer intérieure, ont-ils dit, constituera une barrière que les hordes pillardes ne sauront franchir.

Si des races pillardes exercent déjà leurs ravages sur des rives désolées, que sera-ce lorsqu'on aura créé sur les rives l'Éden rêvé ? Une mer aussi exempte de dangers de navigation que celle projetée ne sera-t-elle pas au contraire une école, un nouveau champ d'exploitation pour cette piraterie barbaresque que nous ne sommes arrivés à détruire que par la prise d'Alger ?

Maintenant que j'ai tiré la quintessence des observations de la commission libre ; je lui demanderai si elle ne croit pas qu'il est des emplois nombreux plus immédiatement utiles à faire de l'épargne française que de créer une mer dont les résultats hypothétiques ne peuvent ni se chiffrer, ni même raisonnablement se supputer sans avoir recours à des artifices littéraires, à des affirmations gratuites, à un lyrisme trompeur.

On m'a déjà dit : M. Roudaire ne demande rien au gouvernement, il s'adressera au public, c'est le public qui sera juge de la confiance qu'il doit avoir dans l'affaire, c'est le public qui donnera son argent et vous êtes bien mal inspiré de vouloir contrarier l'initiative privée, de combattre une œuvre aussi grandiose, aussi séduisante ; créer une mer ! pensez y donc, cela ne s'est jamais vu : qu'elle gloire pour un siècle et pour un peuple !

La réponse est facile : que les économies de la nation, pour aller s'engloutir dans les chotts, passent par les mains des banquiers ou par les caisses du trésor public, le résultat sera toujours le même pour la fortune nationale ; pitoyable et ruineux pour la masse des souscripteurs, alors que les promoteurs, eux pourront se retirer indemnes et peut-être même enrichis par la spéculation. Si la loi de 1867 sur les Sociétés anonymes imposait aux fondateurs de semblables entreprises une responsabilité effective et à long terme, peut-être tiendrais-je un autre langage.

Que si l'on me réplique : la question est plus haute, vous la voyez trop terre à terre, quelques centaines de millions[1] sont peu de chose et

1. La commission officielle estime la dépense à 1,300 millions de francs au minimum.

une nation comme la France est assez riche pour faire des sacrifices au profit de l'humanité, sans avoir en vue un profit immédiat; l'argument me touche peu et je repars qu'il vaut mieux résoudre des questions plus urgentes : Messieurs qui voulez faire une mer intérieure là-bas, de l'autre côté de la Méditerranée, rappelez-vous qu'il en existe une chez vous, en France, par ici, dans notre riche et resplendissante Provence tout près de Marseille cette reine de la Méditerranée qui se lamente et gémit en se voyant près de déchoir.

« Le géographe E. Reclus a dit avec raison que c'est un scandale économique que de la laisser improductive. » Hommes d'initiative et de la marche en avant, que ne cherchez vous l'utilisation politique, militaire, industrielle et commerciale de l'étang de Berre? Il est là depuis des siècles sans qu'on en tire d'autre produit que la pêche.

Une flotte y peut manœuvrer à l'aise il a 18,000 hectares de superficie[1] il communique directement avec la mer par un canal de 6 kilomètres de longueur qui n'a de comparable en Europe comme front de débarquement que l'Escaut à Anvers et de l'une de ses berges on pourrait faire un quai sans pareil avec bien moins de dépenses que n'en a nécessité le port belge.

Il a un avant-port à son extrémité vers la mer, une rade fermée de 100 hectares de superficie, avec fond de vase d'une bonne tenue.

Et point de barre ni d'ensablement à craindre : un courant se produit par les vents de la région de l'est, balayant le canal et le port de Bouc et éloignant les troubles de la côte de Bouc.

Si, comme tous les gouvernements passés, vous reculez devant cette tâche, prenez au moins cette petite mer intérieure française comme terme de comparaison de ce que pourra produire votre grande mer intérieure africaine dans un pays désert, ou l'acclimatation de l'européen est encore un problème et déterminez le temps qu'il vous faudra pour que les rivages de la mer de Gabès soient seulement peuplés et productifs à l'égal des bords de l'étang de Berre.

Mais, je veux bien admettre encore que le bassin de l'Igharghar, la région de la mer nouvelle se peuplera comme par enchantement, que la population y procréera avec la fécondité des temps bibliques, que le phénomène de croissance rapide des États-Unis s'y reproduira. Quel résultat français avez-vous obtenu? Vous aurez créé un peuple nouveau qui, d'après les savantes études démographiques du docteur R. Ricoux

1. La mer de Gabès aurait 6 à 8,000 kilomètres carrés de superficie.

sur l'acclimatement en Afrique, se composera surtout de nationaux italiens et espagnols, c'est-à-dire une nation qui deviendra à bref délai séparatiste, un danger pour la France. En rendant la vie à des pays morts, vous aurez affaibli votre France déjà mutilée et vous ferez disparaître sa prépondérance sur la Méditerranée qui doit être un lac français, si votre politique sait être ferme et prévoyante; si en créant des ports sur la côte française, vous savez aussi, suivant les sages conseils de M. l'amiral Mouchez, établir une quantité de petits ports sur la côte algérienne.

En vous faisant cette communication; je n'ai voulu :

Ni méconnaître l'importance de l'œuvre essentiellement géographique de M. Lavigne;

Ni éclabousser d'une tache d'encre, qui ne saurait ni la ternir ni l'atteindre, l'auréole glorieuse dont est entouré le nom de M. de Lesseps;

Ni chercher à amoindrir le grand mérite de M. Roudaire.

Je discute véhémentement des opinions contraires aux miennes, mais par ces temps de platitude ou le convenu tient souvent lieu de conviction, je salue ces esprits supérieurs qui ont une foi, une croyance, qui vont droit dans le sillon qu'ils se sont tracé à la poursuite de leur œuvre, de leur rêve. Ceux là sont des hommes, ils ont le suc et la moelle, et quoi qu'ils fassent, et même quand ils se trompent, il reste toujours quelque chose de leurs travaux parce que ces travaux sont la résultante de l'amour de la Science et du culte de la Patrie.

NOTE

SUR UN

PROCÉDÉ DE DURCISSEMENT

DES

PIERRES CALCAIRES TENDRES

AU MOYEN

DES FLUOSILICATES A BASE D'OXYDES INSOLUBLES

PAR MM. FAURE ET L. KESSLER.

L'emploi qu'on a fait jusqu'ici des silicates alcalins pour obtenir le durcissement des pierres calcaires est loin d'être satisfaisant.

Il a pour effet de laisser la pierre imprégnée de sels solubles qui n'en sortent plus jamais; même par une longue exposition à la pluie.

Ces sels, potasse ou soude, poussent à la salpêtration dont ils présentent déjà du reste les principaux inconvénients.

Ils favorisent en outre la production des mousses et autres végétations pour lesquelles la potasse est un engrais.

On a cherché vainement à parer à ces vices par un badigeonnage terminal à l'acide hydrofluosilicique dans le but d'insolubiliser la potasse du silicate de potasse employé; mais outre la difficulté de précipiter un sel par un autre dans l'intérieur d'une pierre, ce qui exige des conditions de mélanges exacts et des proportions définies impossibles à réaliser, la réaction invoquée manquait son but puisque le fluosilicate alcalin formé, se trouve lui-même décomposé par le carbonate de chaux en acide carbonique, fluorure de calcium, acide silicique et carbonate de potasse en sorte que le résultat final est le même.

Un autre inconvénient plus grand des silicates alcalins consiste dans ce qu'ils forment par l'évaporation un vernis imperméable sur les corps au moment où ceux-ci cessent de les absorber.

Il en résulte que, lorsqu'on les applique sur une pierre, soit saturée de leur dissolution, soit saturée d'eau, soit en trop grande quantité à la fois, ils s'y dessèchent avant d'être décomposés et la recouvrent de ce vernis. Si la gelée survient, l'eau emprisonnée dans la pierre s'accumule en glaçons sous le vernis et le fait éclater avec la couche de pierre adhérente.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'usage des silicates alcalins ne s'est pas répandu.

Un bon procédé de durcissement ne doit laisser dans la pierre que des matériaux insolubles et durcissants. Surtout il ne doit pas exposer la pierre à s'effriter par la gelée.

C'est ce résultat qui a été obtenu par l'intervention des fluosilicates solubles dont les oxydes ou les carbonates sont insolubles à l'état libre.

Quand on imprègne un calcaire tendre avec la solution concentrée d'un fluosilicate de magnésium, d'aluminium, de zinc, ou de plomb, on arrive en quelques couches à un durcissement très grand et il n'y reste plus rien de soluble.

Il ne se produit en effet à côté de l'acide carbonique dégagé, que du spath fluor de la silice, de l'oxyde d'aluminium, des carbonates soit de zinc, soit de plomb ou de fluorure de magnésium, tous plus insolubles que le calcaire lui-même. Aucun vernis imperméable ne peut se former et par suite la pierre n'est pas exposée à l'érosion par la gelée.

La silicatation par ces nouveaux agents ne revient guère plus cher que par les silicates. Le procédé a parfaitement supporté l'épreuve de l'hiver.

Il a même offert des ressources inattendues. Il ne suffit pas toujours de durcir un calcaire tendre, il est utile, dans bien des cas, de lui donner aussi l'aspect et le poli du calcaire dur, ne fût-ce que pour éviter que la poussière et la suie n'en noircissent la rugueuse surface.

Or pour lisser et polir le calcaire, le plus grossier d'aspect, il suffit de l'enduire avec une pâte formée d'eau et de poussière de la même pierre, puis après dessiccation, de l'imprégner du fluosilicate destiné au durcissement. Il ne se forme ainsi qu'un seul tout homogène, et à grains fins, parce que la pâte imprégnée | devient elle-même aussi dure

que la pierre. Il convient toutefois de prendre quelques précautions fort simples pour empêcher le soulèvement de la poussière rapportée par l'acide carbonique dégagé au commencement de l'opération. Le tour de main consiste à débuter par des liqueurs très étendues sur une surface suffisamment asséchée. En mêlant à la pâte employée un corps coloré insoluble on produit une sorte de moucheté ou de dessin qui, pour certaines pierres à coquilles, ne manque pas d'intérêt décoratif.

Enfin en employant des fluosilicates colorés comme ceux de cuivre, de chrome, de fer, etc., la pierre se colore dans sa profondeur par suite de la formation de composés insolubles.

Il se fait ordinairement entre ses diverses parties une sorte de sélection qui en révèle l'anatomie intime sous forme de dessins d'un effet souvent très artistique.

En combinant ces divers moyens on obtient très économiquement des espèces de marbres ou de pierres ornementales.

En résumé, le nouveau procédé permet :

1° De durcir fortement les calcaires les plus tendres ;

2° De les imperméabiliser ;

3° De les polir et de les lisser en bouchant toutes leurs cavités superficielles.

De les colorer profondément avec des effets très variés dus à leur structure naturelle ou à leur mode de remplissage, toujours sans y laisser aucun corps soluble et sans pouvoir les exposer à l'effritement superficiel par la gelée.

Ce procédé a reçu déjà de nombreuses applications parmi lesquelles nous pouvons signaler le nouvel hôtel des postes.

CHRONIQUE

Sommaire. — Moteurs pour l'éclairage électrique. — Conduites d'eau de grand diamètre en tôle. — Étanchéité des briques à l'eau. — L'industrie minérale en Suisse. — Utilisation des marées comme force motrice. — L'acier basique à l'Exposition d'Amsterdam. — Les machines solaires. — Production du plomb dans le monde. — Arbres en acier.

Moteurs pour l'éclairage électrique. — La *Society of Engineers* a entendu récemment une communication de M. W. Biggs et W. Worby Beaumont sur l'éclairage électrique, dans laquelle la question des moteurs a été discutée avec quelques aperçus intéressants.

Les auteurs ont exposé que, jusqu'ici, le moteur le plus employé est la machine à vapeur, qui donne d'excellents résultats. Toutefois, depuis quelque temps, on a dit bien des choses à ce sujet, et sir Frédérick Bramwell n'a pas été le seul à prétendre que la machine à vapeur jouissait de son reste, selon l'expression vulgaire. Ce genre de prophétie n'est d'ailleurs pas très compromettant, car aucun de ceux qui l'ont avancée n'ont expliqué ce qu'ils entendaient par ce reste; cela veut-il dire que la machine à vapeur durera encore autant qu'elle a déjà duré, ou bien qu'on peut préparer un *Conservatoire* pour en garder les meilleurs spécimens au point de vue historique?

On n'a pas encore fait de machines à gaz assez fortes pour les grandes installations de lumière électrique et leur régularité de rotation est, en général, insuffisante; de plus, on n'est jamais assuré contre un arrêt intempestif.

Il y a beaucoup de cas où la force hydraulique est utilement applicable; on a aussi utilisé à Bristol et ailleurs la différence de niveau déterminée par les marées. Toutefois, actuellement et probablement pour longtemps encore, la vapeur est le moteur général.

Les électriciens emploient, en somme, tout autant de charbon pour faire de la lumière que les gaziers, et ils ont l'intérêt le plus direct dans le perfectionnement de la machine à vapeur. Le système Compound a amené une grande réduction de consommation, surtout dans les petites machines employées actuellement pour la lumière électrique.

On peut faire d'importantes améliorations en étudiant la construction combinée du moteur et de la machine dynamo-électrique, car on peut utiliser la plaque de fondation et les supports de l'arbre moteur pour l'établissement des champs magnétiques, et le volant peut être disposé pour

faire armature. Il y a certainement quelques difficultés, mais elles ne sont pas insurmontables et on peut arriver à réduire le poids de l'appareil combiné aux deux tiers du poids des modèles actuels de machines électriques avec leurs moteurs posés sur la même plaque de fondation.

Le professeur Ayrton, dans une conférence faite à Paris et qui a reçu une grande publicité, a fait entre le coût de la puissance produite par les machines à vapeur et les machines à gaz une comparaison basée sur des données très inexactes.

Il a admis que les machines à vapeur dépensaient 2.8 kilogrammes par cheval et par heure, et les machines à gaz 500 litres pour la même puissance et dans le même temps. Or on fait beaucoup de machines à vapeur qui dépensent moins de 1 kilogramme par cheval indiqué. Ce chiffre, avec du charbon à 18 francs la tonne, donne une dépense en argent de 1.8 centimes par cheval et par heure, alors que la machine à gaz qui, pour les plus grandes puissances réalisées jusqu'ici n'a pas consommé moins de 480 litres par cheval et par heure, dépenserait, avec du gaz à 15 centimes le mètre cube, 7.2 centimes, soit 4 fois la dépense des machines à vapeur.

On dit, il est vrai, qu'avec le gaz fabriqué par les procédés Dowson le prix serait très réduit; mais on n'a pas encore d'éléments assez certains pour établir des comparaisons dans cette hypothèse.

Il y a, d'ailleurs, autre chose que la question du coût relatif de la puissance : tant que les machines à gaz seront construites avec la condition de ne recevoir qu'une impulsion pour quatre demi-tours, elles auront une très grande infériorité sur les machines à vapeur au point de vue de la régularité de la rotation. De plus la vitesse ne peut être variée selon les besoins avec les machines à gaz comme avec les machines à vapeur au moyen de régulateurs très sensibles.

On peut parer à l'irrégularité de rotation du moteur à gaz en mettant des volants sur les arbres des machines dynamo, comme l'a fait M. Crompton, mais c'est un remède coûteux qui n'est pas nécessaire avec la machine à vapeur.

Dans la discussion qui a suivi, M. W. Pendred est arrivé au même résultat en prenant des chiffres un peu différents.

Avec du gaz à 12.5 centimes le mètre cube, une machine à gaz qui brûle 600 litres dépense 7 centimes et demi par cheval et par heure, alors qu'une machine à vapeur brûlant 1 kil. 33 à 25 francs la tonne, chiffres qu'on peut considérer comme très larges, ne dépense que 3.3 centimes.

L'emploi des volants sur les machines dynamo qu'on a essayés pour parer à l'irrégularité du mouvement des machines à gaz est une solution des plus dangereuses, à moins qu'on ne prenne des précautions particulières consistant à poser sur les jantes de ces volants des frettes en acier, sans soudure. La moindre fente ou tension initiale dans un volant de 60 centimètres tournant à 1,200 tours et animé, par conséquent, d'une vitesse de 37m,68 par seconde, soit 135 kilomètres à l'heure, suffit pour faire, à un moment donné, voler cet organe en éclats qui produiraient de terribles ravages.

Le principe des machines à gaz agissant par une explosion qui produit une impulsion brusque sur un piston est mauvais pour la lumière électrique; il faudrait trouver quelque chose d'analogue à l'effet de la machine Compound.

M. Denny Lane a expliqué que tous les calculs ci-dessus supposent l'emploi du gaz d'éclairage, et que l'avenir des moteurs à gaz n'est évidemment pas là : on devra se servir de gaz préparé spécialement dans le genre de celui de Dowson.

M. Wilson, de Birmingham, construit des gazogènes qui donnent 4,000 litres de gaz avec 1 kilogramme de charbon; ce gaz n'a qu'un faible pouvoir lumineux, 1/5 de celui du gaz ordinaire d'éclairage : en admettant qu'il en faille 2,800 litres pour faire un cheval pendant une heure, cette consommation ne représenterait que 700 grammes de charbon, chiffre que peu de machines à vapeur peuvent atteindre, même pour de grandes puissances. La machine à gaz peut, d'ailleurs, être regardée comme étant encore dans sa première jeunesse, sinon tout à fait dans son enfance. On pourrait lui appliquer avec avantage un régénérateur pour utiliser la grande quantité de chaleur qui s'échappe sans avoir été transformée en travail, car la machine à gaz n'est pas autre chose qu'une machine à air chaud où la combustion a lieu dans le cylindre.

M. Denny Lane conclut que sir Frederick Bramwell ne s'est peut-être pas trop avancé lorsqu'il a dit que dans soixante ans on ne trouverait plus de machines à vapeur que dans les collections d'antiquités.

Un électricien bien connu, M. Crompton, a déclaré que les progrès faits récemment par la lumière électrique étaient dus en grande partie au remarquable degré de perfection auquel ont été amenées les machines à vapeur de petites dimensions. Aurait-on pu supposer, il y a dix ou quinze ans, qu'on arriverait à faire des machines avec des cylindres de 15 à 20 centimètres de diamètre dépensant moins de 1 kil. 33 de combustible par cheval et par heure, avec une régularité de marche telle que la vitesse varie de moins de 5 pour 100? Ce dernier résultat est principalement dû à la perfection des régulateurs.

Certainement, les machines à gaz sont des appareils des plus ingénieux; quiconque a suivi les débats du récent procès *Otto versus Lindford* a pu juger des trésors d'intelligence qui ont été dépensés pour amener les machines à gaz à leur état actuel. Mais, malgré tout, ce sont encore des appareils délicats et sujets à des arrêts fréquents; leur irrégularité de marche est beaucoup plus grande qu'on ne le suppose à première vue. On ne s'en aperçoit pas beaucoup avec les lumières à arc, parce que la masse portée à l'incandescence est assez grande pour que la température ne varie que peu entre les impulsions du piston de la machine; mais, avec la lampe à incandescence, on observe une oscillation de la lumière à chaque coup. Cet effet est très pénible et produit, au bout de peu de temps, de violents maux de têtes; il est, en tout cas, très mauvais pour la vue, à cause des dilatations et contractions successives qu'il amène sur la pupille.

On pourrait y obvier en augmentant le nombre des cylindres et en le portant à trois, par exemple.

Un grand progrès a été l'application du système Compound aux petites machines à vapeur; il n'y a aucune complication par rapport aux machines jumelles. La régularité des efforts sur l'arbre est telle qu'une machine Compound peut marcher six mois sans que les coussinets de l'arbre aient besoin d'être retouchés, alors qu'avec la machine ordinaire il fallait les réajuster tous les quinze jours, et même toutes les semaines. Il s'agit ici d'une machine avec des cylindres de 0,185 et 0,330 de diamètre et 0,355 de course, développant 40 chevaux indiqués. C'est surtout ces machines de puissance relativement modérée où il est important d'économiser le combustible.

Conduites d'eau de grand diamètre, en tôle. — Dans les mines d'or de Californie, on a substitué les conduites en fer aux tuyaux en fonte pour les divers diamètres variant de 0m,25 à 1m,05.

Les *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland* contiennent un mémoire sur cette question présenté par M. Joseph Moore, de San-Francisco; nous en donnons ci après le résumé.

L'auteur a assisté depuis 1849 au développement de l'industrie de l'extraction de l'or et aux diverses phases qu'elle a traversées.

A l'origine, les terres aurifères étaient simplement lavées avec l'eau tirée d'un cours d'eau voisin. L'extension de la production amena l'emploi de méthodes plus perfectionnées et on arriva à se servir d'eau sous pression lancée par un jet analogue à celui d'une pompe à incendie. Les terres étaient amenées dans une sorte de rigole (*through*) et les parcelles d'or, d'une densité plus élevée, se déposaient dans les interstices du pavage de cette rigole.

Dans les premières applications du procédé hydraulique d'extraction, l'eau arrivait d'un réservoir placé sur le terrain à une hauteur aussi grande que les conditions locales le permettaient, et était conduite par des tuyaux en toile à une lance qui la projetait sur la paroi de terrain pour désaggréger celle-ci et amener le sable dans la rigole. Ces tuyaux en toile n'ayant qu'une résistance très limitée ne permettaient pas une grande pression et un grand volume d'eau.

On fut bientôt conduit à l'emploi de tuyaux en tôle par bouts de faible longueur, réunis par des manchons en toile pour combiner la résistance et la flexibilité. La nécessité de l'emploi de plus grands diamètres fit recourir à des tuyaux en fer fixes établissant des distributions permanentes sur lesquelles on branchait des tuyaux en fer aboutissant aux lances d'arrosage. L'eau provenait de hauteurs couvertes de neiges que la chaleur du soleil fondait en été, et il se forma bientôt des compagnies pour exploiter ces eaux et les fournir aux mineurs. Ces compagnies firent des travaux d'une importance dont on ne se doute généralement pas, mais comme il n'y avait pas de routes dans le pays, la question du poids des tuyaux employés à ces

distributions d'eau jouait un grand rôle, et on fut conduit à se servir exclusivement de conduites en tôle.

Ces conduites se fabriquent comme les chaudières à vapeur; la tôle est roulée dans le sens de la longueur; les joints longitudinaux sont à double rangs de rivets; les joints circulaires à simple rang. L'étanchéité est en général assurée par un mattage, comme pour les chaudières, à moins que les tôles ne soient très peu épaisses. Les viroles sont assemblées par longueurs variant de 6 à 9 mètres, selon la destination et le mode de transport.

De grandes précautions sont prises pour que le métal reste bien net d'oxyde; après achèvement des viroles, on les plonge dans un bain d'asphalte chaude, et on les y laisse jusqu'à ce que le fer soit à la température du bain, soit 200 à 220 degrés centigrades; on les sort ensuite et on les laisse sécher. On obtient alors sur le métal une couche d'asphalte, qui durcit et assure l'étanchéité sous des charges de 30 mètres d'eau. Pour des pressions supérieures, on doit se préoccuper d'obtenir l'étanchéité indépendamment de l'asphalte.

Avec des pressions modérées, l'asphalte donne de très bons résultats, à tel point que les joints faits avec des rivets écartés de 50 à 75 millimètres et au travers desquels on voit le jour, deviennent étanches après l'asphaltage.

Cet asphalte provient de gisements existants dans le pays; il contient beaucoup d'huile; on y ajoute un peu de goudron de gaz pour l'amener à la consistance convenable; toutefois, moins on est obligé d'en mettre, mieux cela vaut pour le fer. L'excès du goudron amène des fentes dans l'enduit et l'humidité oxyde rapidement le métal.

Une fois sur le lieu de pose, les tuyaux sont placés dans la tranchée, les trous de rivets dans les bouts mâles sont percés avec un poinçon portatif, les trous des bouts femelles ayant été faits en cours de fabrication et le rivetage se fait à la manière ordinaire, puis on comble la fouille immédiatement pour prévenir les effets de dilatation et de contraction. Avec cette précaution on n'a jamais de difficultés et on a pu poser 24 kilomètres de tuyaux sans avoir jamais à y retoucher bien que la température variât entre zéro et 42 degrés centigrades à l'ombre.

On relie par les joints à rivets des tuyaux même de $0^m,45$ de diamètre, mais on trouve souvent plus économique de réunir les diverses longueurs par un joint en plomb, surtout lorsque le diamètre est tel qu'on ne puisse y faire entrer un ouvrier.

On a souvent fait ces tuyaux avec des gorges en fonte réunies à la tôle par des rivets, mais ce système, d'ailleurs peu sûr sous de fortes pressions, était lourd et coûteux; on fait maintenant ces emboîtements avec des anneaux en fer rapportés. Le plomb tient très bien dans ces conditions, et la pression souterraine tend à le maintenir. Le coulage du plomb se fait sans difficulté avec l'emploi d'une corde en chanvre et d'argile.

Les ouvriers sont d'ailleurs d'une extrême adresse et font ces joints dans

des endroits tellement escarpés qu'ils sont obligés de se tenir suspendus à des cordes; les diamètres varient de 75 millimètres à 1m,05 et les charges d'eau vont jusqu'à 600 mètres sur des tuyaux de 0m,305 de diamètre.

L'auteur a établi un certain nombre de conduites importantes dans ce système.

La Spring Valley Water Works Company a deux conduites de 64 kilomètres de longueur totale. Le diamètre est de 0m,915 et les épaisseurs de tôle sont comprises entre les nos 14 et 19; la charge atteint 72 mètres. Ces conduites existent, l'une depuis dix ans, l'autre depuis seize, et sont en très bon état, bien qu'elles aient, dans certaines parties, à conduire des eaux saumâtres.

Pour donner une idée de la rapidité avec laquelle se fait la confection de ces conduites il suffira de dire que, la tôle ayant été livrée aux ateliers à San-Francisco au mois de juin, les tuyaux étaient posés sur 22 kilomètres et l'eau y passait avant la fin de novembre, On posait 400 mètres par jour et on faisait les joints de 150 mètres dans le même temps.

Une autre conduite appartenant à la même compagnie de 0m,60 de diamètre a servi pendant quinze ans; on en a enlevé une partie et on l'a remplacée par des tuyaux de 0m,305 de diamètre; la partie primitive a aujourd'hui vingt-cinq ans de service.

La compagnie dont il est question emploie 7,900 mètres de tuyaux de 0m,56 et de 0m,46 de diamètre dans lesquels le fer est soumis d'une manière permanente à des efforts de 4, 6 kilogrammes par millimètre carré Ces tuyaux ont tous des joints avec rivets.

La Spring Valley Mining Company, Cherokee, a 3,700 mètres de conduite qui franchit une rivière avec une différence de niveau de 280 mètres; elle est en service depuis huit ans.

La Virginia and Gold Water Company a 4,500 mètres de conduite de 0m,305 avec une charge d'eau de 592 mètres, Les joints sont en plomb et les tuyaux ont actuellement six ans de service.

M. C. Spreckles de Maui, Iles Sandwich, possède 700 tonnes de tuyaux de 0m,915 à 1m,05 de diamètre, d'épaisseurs diverses allant jusqu'à 6 millimètres et franchissant des différences de niveau de 60 à 120 mètres. Les joints sont en plomb et n'ont jamais donné lieu à la moindre fuite. Le métal travaille à 7 kilogrammes par millimètre carré. Les tuyaux ont d'abord été revêtus de coaltar avant l'embarquement à San-Francisco, puis, au moment de la pose, recouverts d'une couche d'asphalte. Il y a trois ans que la conduite est en service; pour gagner de la place à bord on a fait des tuyaux de 4 diamètres différents et on les a logés les uns dans les autres.

Dans les divers cas cités plus haut, le travail n'aurait pas pu être mené à bien avec des tuyaux en fonte et, si l'on prend en considération l'intérêt de l'argent, on trouve que, même à moindre durée, on a avantage à renouveler les tuyaux plutôt que de prendre des tuyaux en fonte.

Il est bien évident qu'il ne s'agit ici que de circonstances bien définies où l'économie, la légèreté et la facilité de pose jouent un rôle capital et

que l'auteur n'a pas l'intention de faire le procès de la fonte d'une manière générale. Toutefois pour le cas de conduites provisoires les tuyaux en tôle ont d'immenses avantages. Lorsqu'une rupture ne peut entraîner d'autres conséquences qu'une perte d'eau et une interruption de travail pour réparations, on peut faire travailler la tôle, dans des conditions provisoires, à 12,5 kilogrammes par millimètre carré. Dans des conduites établies d'une manière permanente, on peut très bien aller à 8 et 9 kilogrammes.

Lorsque l'eau est fournie par des pompes, on se tient généralement au-dessous, à cause des chocs dus au mouvement alternatif des machines; il est bon, dans ce cas, de mettre sur les conduites des réservoirs d'air de fort volume. Dans les *Spring Valley Water Works* l'eau est fournie par deux machines Compound à action directe à distribution Davey dont les pistons actionnent directement les pompes; il n'y a pas de volant et les machines sont indépendantes avec tuyaux d'aspiration et de refoulement communs. Les cylindres à haute pression ont $0^m,685$, les cylindres à basse pression $1^m,22$ de diamètre, et les pompes à plongeur $0^m,61$ de diamètre, la course commune étant de $2^m,135$.

Le tuyau de refoulement général porte un réservoir d'air de 9 mètres de hauteur et de $0^m,915$ de diamètre et, à 60 mètres et 300 mètres des pompes, d'autres réservoirs de $0^m,61$ de diamètre et 5 mètres de hauteur et enfin à 3,000 mètres des pompes, il y a un tuyau vertical ouvert de $0^m,50$ de diamètre et 21 mètres de hauteur. Ces moyens ont suffi pour réduire les oscillations causées par les pistons à une valeur insignifiante; toutefois il faut quelques précautions à la mise en marche parce que autrement, les réservoirs d'air n'étant pas encore en état de fonctionner, on peut briser les conduites, ce qui est arrivé une ou deux fois par la négligence des mécaniciens.

Le renouvellement de l'air dans les réservoirs se fait par un système très ingénieux de robinets reliant le réservoir à une capacité intermédiaire, dont il serait difficile de donner une idée sans figure, mais dont le jeu est analogue à celui d'une bouteille alimentaire de chaudière, le système est plus simple que les pompes à air et fonctionne bien mieux à des pressions de 150 kilogrammes par centimètre carré.

Dans les conduites où l'eau est prise naturellement sur un réservoir, il y a des précautions à prendre pour empêcher l'air de s'introduire en même temps que l'eau, de même que pour parer, en cas de rupture des conduites, à la formation d'un vide qui produirait l'écrasement des tuyaux.

Étanchéité des briques à l'eau. — Le *Bulletin de l'Engineers Club* de Philadelphie contient une communication intéressante d'un de ses membres, M. M.-N. Stauffer, sur la manière dont se comporte la maçonnerie de briques sous une forte charge d'eau.

L'auteur s'est trouvé pendant la construction du tunnel sous le Dorchester-Bay, à Boston, obligé de construire une cloison étanche en briques, devant résister à une charge d'eau de 50 mètres.

La roche dans laquelle s'opérait le percement du tunnel était composée de couches alternatives de schistes et de conglomérats très tourmentés; il y avait de fréquentes fissures et des inclinaisons allant jusqu'à 80 degrés.

Au-dessus de la roche il y avait des couches très poreuses de sable et de gravier en contact direct avec l'eau du bras de mer. Il résultait de ces conditions qu'il y avait beaucoup d'eau dans les travaux, et qu'à chaque fissure recoupée par la galerie il se produisait une nouvelle invasion. L'extraction de cette eau donnait lieu à un travail considérable nécessitant une grande puissance de machines, de chaudières, et une dépense importante de combustible. On s'en fera une idée en considérant que sur 1,800 mètres de tunnel, le volume d'eau à élever par vingt-quatre heures à 50 mètres était de 12,000 mètres cubes, ce qui représente un travail mécanique théorique de 90 chevaux en nombre rond.

Au fond d'un des puits, avec 300 mètres de tunnel de chaque côté, étaient installées deux pompes de Knowles, dont une suffisait juste à l'épuisement de la partie correspondante des travaux. Comme ces pompes nécessitaient de fréquents arrêts pour réparations et réfection des garnitures, il fallait une réserve de valeur égale à celle du travail à faire constamment. On en était donc à cette limite de sécurité lorsque soudain on rencontra une fissure qui produisit une voie d'eau de 4,500 mètres cubes à l'heure en plus des voies d'eau permanentes et exigea la mise en marche de deux pompes. On n'avait donc plus de réserve et on se trouvait à la merci d'un accident. Il se présentait deux solutions, ou augmenter la puissance des pompes et nécessairement la dépense de combustible, ou bien suspendre les travaux et essayer d'arrêter l'invasion de l'eau. Comme, dans les conditions du travail, cet arrêt n'avait pas de conséquences graves, on se détermina à prendre le second parti, bien qu'il impliquât l'établissement d'un barrage soumis à des pressions énormes.

On choisit pour faire ce barrage un point où la roche paraissait très compacte, sans fissures pouvant laisser passer l'eau. Ce point était situé à 15 mètres en avant de la fissure qui avait produit l'invasion d'eau, et la section était à ce point de 10 mètres carrés. En négligeant la réduction de la pression due à l'infiltration, on pouvait admettre une charge de 50 tonnes par mètre carré, soit une pression totale de 500 tonnes en nombre rond.

Le roc une fois bien préparé, on établit, en avant du barrage projeté, un petit batardeau en bois de $0^m,90$ de hauteur, rempli de terre glaise, dans lequel on mit un tuyau horizontal en fer de $0^m,125$ de diamètre à $0^m,60$ au-dessus du sol de la galerie, l'autre extrémité du tuyau était portée par une petite cloison en bois. La forme courbe fut adoptée pour le barrage auquel on donna $0^m,60$ de flèche dans le sens horizontal sur $3^m,05$ de corde, l'épaisseur minima étant de $1^m,22$.

Le roc fut taillé en gradins pour recevoir l'appui des maçonneries.

On employa des briques pressées, maçonnées avec du mortier fait avec une partie de ciment de Portland anglais, une de Newark Rosendale et

deux de sable bien lavé. Ce mélange donne d'aussi bons résultats que le mortier fait de parties égales de ciment de Portland et de sable, se travaille mieux à la truelle et a plus d'adhérence avec les briques à l'humidité.

On posait les briques de manière à ne pas avoir de joints continus dans le sens horizontal. Une fois la maçonnerie achevée et le mortier un peu durci, on supprima l'arrivée de l'eau en vissant un couvercle en fer à l'extrémité du tuyau dont il a été question plus haut.

Pendant les premières quarante huit heures, l'étanchéité fut parfaite, il n'y avait que de très légères fuites au contact des parois du rocher. Mais lorsque la partie du tunnel en arrière du barrage fut pleine d'eau et que la charge totale vint à s'exercer sur la cloison, l'eau commença à sortir de toute la surface en quantité qu'on peut évaluer à la moitié de la quantité primitive. Autant qu'on put s'en rendre compte dans ces conditions, l'eau semblait sortir des pores de la brique plutôt que des joints et paraissait au goût moins salée que d'habitude.

On remarqua que l'eau ne provenait pas de la partie inférieure de la cloison, laquelle était protégée par le batardeau primitif en terre glaise et on eut l'idée d'étendre cette protection au barrage entier.

Pour cela on vida en partie l'eau derrière la cloison en ouvrant le tuyau; on démolit une portion suffisante pour laisser passer des hommes et on construisit, à $0^m,75$ en arrière de la paroi du barrage, une seconde cloison en briques de $0^m,30$ seulement d'épaisseur. Entre les deux cloisons on pilonna de l'argile, puis on rétablit la maçonnerie du premier barrage. La seconde cloison fut faite, avec intention, de faible épaisseur pour que la pression de l'eau l'appuyât sur la terre glaise.

Lorsque, le travail terminé, on ferma la sortie de l'eau, on put constater que l'étanchéité du barrage ne laissait absolument rien à désirer.

L'industrie minérale en Suisse. — Peu de personnes se font une idée exacte de la situation de l'industrie minérale en Suisse; voici sur ce sujet quelques renseignements intéressants extraits d'une notice de M. J. Weber, ingénieur à Zurich, notice servant d'introduction au catalogue du groupe 16 de l'Exposition de Zurich.

De même que la production de blé de la Suisse reste bien au-dessous de ses besoins, de même aussi ce pays est-il un des plus pauvres, parmi les États civilisés, sous le rapport des produits du règne minéral. Les combustibles fossiles et les minerais ne s'y trouvent qu'en quantité tout à fait insuffisante et la qualité des premiers y est le plus souvent inférieure. Aucun autre pays industriel n'est aussi mal placé sous ce rapport. Le développement industriel, en Suisse, est dû exclusivement au travail persévérant et à l'intelligence de ses habitants.

1° Combustibles fossiles. — L'anthracite ne se trouve que dans le Valais, à des profondeurs où l'on peut encore l'exploiter. Production totale : environ 30,000 tonnes. Le lignite se trouve dans le trias ou le

miocène. Les endroits où on le trouvait en petite quantité et où, pour la plupart, on a cessé de l'exploiter sont : Dürnen en Argovie, Boltigen dans le Jura, Merligen, Lavaux, Semsales. C'est Kapfnach qui est toujours le centre principal de production, bien que celle-ci soit descendue, depuis 1870, de 10,000 tonnes à 3,000, par suite du bas prix des charbons de la Saar. La production totale peut s'élever à 3,000 tonnes. Le lignite schisteux se trouve, et est exploité partiellement à Dürnten, Utznach, Wetzikon et Mörschwyl. La production annuelle peut être estimée à 3,000 tonnes. Les anthracites suisses contiennent environ 65 pour 100, les lignites de 45 à 77 pour 100, les lignites schisteux de 30 à 45 pour 100 de carbone pur. Tous les lignites contiennent du soufre, de 3 à 5 pour 100.

L'exploitation de la tourbe présente un aspect très satisfaisant, elle s'est développée principalement par l'introduction des machines. La tourbe condensée obtenue au moyen de ces dernières est remarquable par sa puissance calorifique et le peu de cendres qu'elle produit. Il y a de la tourbe dans presque tous les cantons; elle est très abondante dans ceux de Zurich, de Lucerne, d'Appenzel et surtout de Schwytz.

Comme conclusion, on peut dire que la Suisse exporte annuellement près de 2,000 tonnes de combustibles et en importe bien au delà d'un demi-million de tonnes.

2° Asphalte. — L'asphalte du Val-de-Travers (Neufchâtel) surpasse toutes les autres comme qualité. On l'emploie en partie comme asphalte coulée et en partie comme asphalte comprimée et, sous cette dernière forme spécialement, elle jouit presque d'un privilège exclusif. La production en matières brutes s'est élevée, en moyenne, pendant ces quatre dernières années, à 14,335 tonnes par an.

3° Sel. — La plus ancienne et la seule exploitée, jusqu'en 1836, des salines de la suisse est celle de Bex (Vaud), qu'on exploite depuis 1554.

En 1836, M. Glenck, conseiller à l'intendance des mines, après des recherches inutiles pendant de longues années, découvrit, dans un terrain calcaire conchylien, à l'endroit où est maintenant la saline Schweizerhalle, une couche de sel gemme de 18m,6 d'épaisseur et d'une rare pureté.

On établit ensuite trois nouvelles salines : celles de Kaiseraugst, de Rybourg et de Rheinfelden. La Suisse fut ainsi rendue indépendante de l'étranger pour le sel, car les salines du Rhin pourraient non seulement suffire à la consommation de la Suisse — ce qu'elles font actuellement pour les trois quarts — mais elles pourraient encore exporter, si les droits d'entrée prohibitifs de l'étranger ne l'en empêchaient. Les salines suisses du Rhin ont 19 puits de 150 mètres de profondeur et 43 chaudières à sauner avec 4,282 mètres carrés de surface. La production s'étend à toutes les sortes de sel (sel de table, de cuisine, sel pour les bestiaux, pour les engrais et pour l'industrie), ainsi que des eaux-mères dont on se sert pour des usages sanitaires. La production annuelle des salines du Rhin s'élève à 37,000 tonnes, celle de Bex est d'environ 2,000 tonnes.

4° Terres. — La production de creusets et de pierres réfractaires a pris une extension considérable en Suisse depuis quelques années.

5° et 6° Roches. — La Suisse est très riche en excellentes pierres à bâtir. En première ligne sont les différentes espèces de marbres, spécialement les marbres de couleur que l'on trouve surtout dans les cantons des Grisons, de Saint-Gall, de Vaud, de Berne, de Fribourg, du Tessin et du Valais. Une spécialité exclusivement suisse est le marbre antique de Saillon (cipolin antique). Le granit qui est employé si souvent dans les grandes villes pour les dalles, les escaliers et les bordures, était extrait des blocs erratiques des glaciers jusqu'à ces derniers temps, mais le chemin de fer du Gothard a fait découvrir une couche inépuisable de granit de roche.

Les pierres calcaires et les grès se trouvent à beaucoup d'endroits et le plus souvent en espèces réfractaires. Parmi les pierres calcaires épaisses, il faut citer surtout le marbre de Soleure.

Quant aux matériaux pour la construction des routes (cailloux et pavés) la plus grande partie de la Suisse a les pierres calcaires des montagnes primitives, telles qu'on les retrouve en première ligne comme gravier dans les terrains inondés ou dans les carrières. Cette pierre calcaire fournit souvent de bonnes routes carrossables et on l'emploie comme macadam ou comme pavés. Mais elle est en général trop tendre et les villes, avec leur circulation croissante, doivent chercher des matériaux plus solides pour la consolidation des routes.

L'exploitation des ardoisières de la Suisse est ancienne. Des vestiges de constructions romaines prouvent qu'à cette époque on extrayait déjà des ardoises de ces montagnes. Les carrières de Glaris (principalement à Engy) sont déjà mentionnées dans les procès-verbaux des Conseils de 1565.

Les principaux gisements se trouvent dans les contrées du Valais (outre-Rhône), de Saint-Gall (Ragatz et Pfaffers), de Berne (Frutigen et Meiringen) et de Glaris (Engy et Elm); ce dernier, à la suite de l'éboulement, n'est plus exploité. On extrait deux espèces d'ardoises : celles qui peuvent être coupées en feuilles de l'épaisseur qu'on veut et celles qui se présentent avec une certaine épaisseur et qui contiennent des pétrifications. On les travaille pour en faire des ardoises à écrire, des dessus de table, des garnitures de meubles et des couvertures de toits.

Dans ces derniers temps, on a fait de grands progrès, au moyen de l'introduction du travail mécanique (fabrique d'ardoises d'Engy), dans la fabrication de produits supérieurs et d'objets de luxe en ardoises.

L'industrie ardoisière suisse a beaucoup à lutter avec la concurrence belge et rhénane, ce qui provient de ce que l'on n'a pas toujours choisi avec assez de soin les bancs d'ardoise pour couvertures de toits. L'ardoise suisse de bonne qualité coûte moins que l'ardoise étrangère et elle est égale à cette dernière pour beaucoup d'emplois (toits de mansardes, etc.).

La production totale de la Suisse en ardoises peut s'élever à environ 400,000 francs.

L'asbeste et la serpentine sont exploités dans le canton des Grisons et les industries qui s'y rapportent sont certainement susceptibles d'un plus grand développement. On peut ranger dans les produits de la même catégorie, les cristaux de roche, les pierres meulières, les pierres à aiguiser, le sable verrier, le sable de moulage et le gypse.

7° Minerais. — Au temps des Romains on exploitait déjà dans les Alpes des mines d'or, d'argent, de cuivre, de plomb et de fer. Mais la plupart de ces exploitations ont cessé dans ces derniers temps. La découverte des gîtes de métaux précieux en Amérique et en Australie a été fatale à cette sorte d'exploitation en Suisse.

Les minerais métalliques sont assez abondants en Suisse, mais les gisements sont en général peu importants ou difficilement abordables. Beaucoup de rivières charrient du sable aurifère dont l'exploitation au moyen d'installations mécaniques pourrait être rémunératrice.

Des minerais de cuivre argentifère se trouvent dans les cantons de Glaris, des Grisons, du Valais, etc., des minerais de nickel principalement dans ce dernier canton. Mais l'extraction n'en serait possible, surtout parce que les gîtes sont difficilement abordables, qu'avec l'emploi de puissants moyens.

La production du fer se borne à celle du Jura et de Plons (Saint-Gall). De sept hauts fourneaux dans le Jura, deux seulement sont encore en activité. Le minerai mis en œuvre est du fer brun qui se trouve à 30 mètres de profondeur en grains sur le calcaire jurassique blanc. Le fer extrait du Jura est une des meilleures espèces de fer connues. L'exploitation peut être continuée actuellement surtout à cause de l'utilisation des scories dont on fait des briques et de la laine minérale. Une petite quantité des minerais du Jura est exportée en France.

La production totale de fonte de la Suisse s'élève actuellement à 9,000 tonnes dont 2,500 à peu près de fonte au bois. Cette dernière est employée principalement pour la fabrication du fer en barres et du fer-blanc, et en partie pour celle de fonte durcie, de fonte noire et de fonte d'acier. Le reste est de la fonte au coke, remarquable par son extraordinaire solidité et élasticité et dont on se sert dans les fonderies pour les tuyaux de conduite à haute pression.

Il y a en Suisse plusieurs lamineries et martinets qui fabriquent en partie le fer en barres, le fer-blanc, le fil de fer, etc., et en partie les articles forgés, comme les essieux, les marteaux, les pics, les pelles, etc. Ces forges emploient comme matières brutes : 1° la fonte jurassienne déjà mentionnée; 2° les balles ou loupes brutes provenant de l'étranger (surtout de Suède); 3° le vieux fer. La production annuelle totale des établissements de forges suisses en produits laminés (fer en barres et façonné, fil de fer et fer-blanc) s'élève à environ 16 ou 17,000 tonnes.

La fabrication de produits métalliques de bonne qualité est encore de date plus récente; tous ces articles devaient être, il y a vingt-cinq ans, tirés de l'étranger. On fabrique maintenant en Suisse, et avec succès, des pointes, des vis, des écrous, des clous et de la serrurerie, et cela non seulement pour les besoins indigènes, mais aussi pour l'étranger où plusieurs de ces articles trouvent un débouché. La fabrication des articles de fer-blanc, en particulier depuis qu'elle est pratiquée au moyen de machines, augmente continuellement et fournit d'excellents produits.

On peut dire en somme que l'industrie métallurgique suisse, bien qu'elle soit relativement jeune et qu'elle ait à lutter contre la concurrence étrangère, s'est déjà élevée à un haut degré et qu'elle se trouve dans une phase de développement continu.

Utilisation des marées comme force motrice. — On a souvent proposé d'utiliser comme force motrice la puissance des marées, mais jusqu'ici on n'en a fait que des applications extrêmement restreintes. M. A. Oates a fait à ce sujet une étude qui présente quelques dispositions intéressantes.

L'énergie de la montée et de la descente de la marée sur une superficie donnée est mesurée par le produit de la superficie par la différence des niveaux extrêmes, lequel est le poids d'eau mis en mouvement à chaque marée. Comme la montée équivaut à la descente au point de vue de l'effet mécanique, on peut dire que l'eau descend d'une hauteur égale à la moitié de la différence de niveau quatre fois par jour lunaire et, en multipliant le poids d'eau par la demi-différence de niveau et par 4, on a le travail par jour lunaire. Il est difficile de dire d'avance quelle proportion on pourra utiliser de ce travail brut; si l'on en prend seulement le quart pour tenir compte des pertes de toute nature, on arrivera à trouver un certain nombre de chevaux pour une superficie de un kilomètre carré et pour diverses différences des niveaux extrêmes.

C'est dans cette hypothèse qu'a été dressé le tableau ci-dessous pour des hauteurs de marées variant de 1m,50.

On a admis que le travail d'un cheval-vapeur peut valoir 125 francs par an, et que ce chiffre doit représenter les 0,20 du capital dépensé, pour tenir compte des charges diverses, entretien, réparations et bénéfices.

HAUTEUR de la MARÉE.	NOMBRE de chevaux par kilomètre carré.	NOMBRE de mètres carrés pour un cheval.	PRODUIT ANNUEL de la puissance pour un kilomètre carré.	CAPITAL pouvant être dépensé pour utiliser un kilomètre carré.
m.			fr.	fr.
1.50	180	5550	22.500	112.500
3.00	720	1380	90.000	450.000
4.50	1620	617	202.500	1.012.500
6.00	2880	350	360.000	1.800.000
7.50	4500	220	562.500	2.812.500
9.00	6480	155	810.000	4.050.000

On voit par les chiffres ci-dessus quel énorme parti on pourrait tirer des forces naturelles avec des dépenses qui ne sont pas exagérées.

Le moyen le plus simple pour utiliser la force des marées consiste, d'après l'auteur, à choisir des emplacements naturels tels que des criques ou baies présentant des entrées aussi rétrécies que possible et à fermer ces entrées par des barrages d'une disposition particulière qu'il décrit. Ce sont des barrages moteurs, c'est-à-dire formés de parties mobiles que le courant dû à la marée met en mouvement, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Qu'on se figure une série de colonnes jointives enfoncées dans le sol et montant jusqu'au-dessus des plus hautes mers pour se terminer par un plancher portant une voie de communication, route, chemin de fer, etc. Ces colonnes sont fortement appuyées par des contre-fiches pour résister à la poussée de l'eau. La partie inférieure de ces colonnes contient des roues à axe vertical disposées comme des machines rotatives ou des pompes Roots, Behrens, etc. Ce sont ces roues qui reçoivent leur mouvement du courant. Les axes verticaux commandent par des roues d'angle un arbre commun disposé suivant le sens de la longueur du barrage, arbre sur lequel on recueille le travail moteur.

Une des premières objections que l'on peut faire réside dans la variation de la vitesse du courant suivant les phases de la marée.

L'auteur propose de parer à cette difficulté en réduisant le nombre des moteurs à mesure que la vitesse diminue et pour cela il munit ceux-ci de débrayages actionnés, soit par un régulateur à force centrifuge, soit par un flotteur. Le travail produit serait utilisé pour emmagasiner de l'électricité dans des accumulateurs qui transmettraient ensuite la force motrice à distance; on pourrait aussi employer de l'air comprimé ou même de l'eau dans un réservoir placé sur une hauteur. Les pertes de rendement des intermédiaires perdraient de leur importance en présence du faible prix auquel reviendrait la force motrice.

Il y a dans ce projet des détails ingénieux, tels que l'emploi de l'air comprimé pour accéder aux moteurs en cas de visite ou de réparations, etc.

Le barrage peut de plus être utilisé, comme on l'indique, pour recevoir une route ou un chemin de fer reliant des points n'ayant auparavant aucune communication directe par terre. C'est une considération qui peut avoir son intérêt dans certains cas.

L'acier basique à l'Exposition d'Amsterdam. — L'Exposition d'Amsterdam contient de remarquables échantillons d'acier obtenus par le procédé basique de MM. Thomas et Gilchrist, échantillons provenant des usines anglaises, françaises, allemandes, belges et autrichiennes.

Les usines de MM. Schneider et C^ie^, au Creuzot, présentent de fortes pièces d'un caractère très intéressant, parmi lesquelles des tôles d'une ductilité et malléabilité très remarquables.

Ces tôles ont été embouties, percées et travaillées de diverses manières

pour en bien faire voir la qualité. Il y a des cornières pliées en S à branches très inégales et un rail d'acier tordu en un tour complet sur 1m,50 de longueur.

Les aciéries allemandes de Hörde ont envoyé une grande quantité d'échantillons de rails de diverses sections depuis les plus grandes jusqu'aux plus petites, des rails de tramways et des traverses métalliques. On peut juger de la ténacité de l'acier dans des rails et traverses tordus et pliés à froid exposés par les établissements de Teplitz, en Autriche. Comme comparaison des divers degrés de dureté donnés au métal; on indique que les rails contiennent 0,35 pour 100 de carbone et les traverses 0,08 seulement.

Des éprouvettes faites avec les traverses ont donné une limite d'élasticité de 21 à 23 kilogrammes par millimètre carré, une résistance à la rupture de 40 à 43, un allongement de 29 à 33 pour 100 et une contraction de la section de 53 à 63. Des tubes, rabattus et pliés à froid sans le moindre indice de déchirure, sont exposés par les aciéries de Witkowitz, en Autriche. La *Patent Shaft and Axletree Company*, de Wednesbury, Angleterre, a envoyé des tubes de locomotives, des tôles, des tubes Galloway, etc. Enfin les aciéries d'Angleur, en Belgique, exposent des fils de différentes grosseurs pour télégraphes et autres emplois; la proportion de carbone contenu dans le métal varie de 0,12 à 0,15 pour 100. (*Iron.*)

Machines solaires. — Le *San-Francisco Bulletin*, après avoir constaté le succès des machines solaires en France, donne les renseignements suivants, sur la formation, en Californie, d'une compagnie intitulée *Solar Heat Power Company*.

L'examen des patentes américaines et des plans de la California Company, fait voir que le modèle primitif de réflecteurs coniques et de chaudières verticales a été abandonné et que les nouveaux appareils que la compagnie à commencé à construire consistent essentiellement en un réflecteur de forme cylindrique avec une section transversale parabolique, combiné avec un récepteur de chaleur ou chaudière également cylindrique et ayant le même axe longitudinal que le réflecteur; les deux sont disposés horizontalement ou à peu près et sont munis des arrangements convenables pour leur donner la position nécessaire et leur faire suivre le mouvement apparent du soleil.

On a la conviction de pouvoir obtenir une force de 5 chevaux de sept heures du matin à cinq heures du soir. Les nuages qui passent accidentellement devant le soleil n'ont pas d'effet sensible sur l'appareil. Tout le monde sait que le soleil donne d'énormes quantités de chaleur. Ericsson, Mouchot et autres savants ont démontré que la chaleur émise par le soleil, après absorption par notre atmosphère, peut développer plus de 1 1/4 cheval par mètre carré.

Il y a dans le San-Joaquin et dans les autres vallées de la Californie et de l'Arizona, des millions d'hectares de terres magnifiques qui n'ont besoin

que d'être arrosées pour produire les plus riches moissons. On ne peut irriguer qu'une faible partie de ces contrées par les moyens ordinaires, mais on trouve l'eau en quantité inépuisable dans beaucoup d'endroits, à des profondeurs variant de 3 mètres à 30 mètres.

En creusant des puits et en élevant l'eau avec des machines solaires, on peut obtenir de l'eau pour l'arrosage et pour le bétail, ce qui élèverait la valeur des terres de 25 à 60 francs l'hectare, prix actuels, à 750 à 1,500 francs, et y amènerait la population et la richesse. C'est là une application de la machine solaire qu'on ne saurait trop recommander.

Nous savons bien qu'on objectera la marche intermittente des machines à cause des temps couverts, mais il ne faut pas perdre de vue que dans l'été où, dans ces contrées, les pluies sont extrêmement rares, le ciel est pour ainsi dire toujours sans nuages; on pourrait employer les machines à comprimer de l'air ou à accumuler de l'électricité qu'on utiliserait la nuit.

Les villes situées dans les prairies pourraient être éclairées à l'électricité pour ainsi dire sans frais.

La Solar Heat Power Company s'est constituée récemment avec un capital de 100,000 actions de 500 francs.

Production du plomb dans le monde. — La production du plomb dans le monde entier est estimée pour l'année dernière à 440,000 tonnes en nombres ronds. L'Espagne tient la tête avec 120,000 tonnes, l'Allemagne vient ensuite avec 90,000, l'Angleterre a produit 67,000 la France 15,000, l'Italie 10,000, la Grèce 9,000, la Belgique 8,000, l'Autriche 6,000, la Russie 1,500. On peut évaluer la production des États-Unis d'Amérique à 110,000 tonnes. Ce que fournissent les autres pays, tels que l'Amérique du Sud, le Canada et l'Australie peut être négligé.

Arbres en acier. — La célèbre maison de sir Joseph Whitworth et Cie, expose actuellement à la Engineering and Métal Trades Exibition à Londres diverses pièces extrêmement remarquables en acier fondu comprimé à l'état liquide. La plus importante de ces pièces est un arbre d'hélice creux de 16m,77 de longueur et de 0m,463 de diamètre extérieur, le trou central à 0m,254 de diamètre, le poids est de 5,275 kilogrammes. Cet arbre est dit-on, de 28 pour 100 plus léger et de 30 pour 100 plus fort qu'un arbre en fer plein de même diamètre extérieur. Le métal est soumis à une forte pression pendant qu'il est encore à l'état liquide, puis les lingots obtenus sont forgés et amenés à la forme requise par la pression hydraulique. A côté de cet arbre est exposé un arbre à un seul coude de 0m,425 de diamètre et 2m,60 de longueur, pesant 5,250 kilogrammes.

Une autre application avantageuse de l'acier Whitworth figure sous la forme d'une garniture intérieure de cylindre à vapeur consistant en un anneau avec bride de 2m,05 de diamètre extérieur et 1m,78 de diamètre intérieur sur 1m,50 de hauteur pesant 3,250 kilogrammes. Il y a également

un réservoir d'air comprimé pour propulsion de torpilles Whitehead dont l'épaisseur varie de 6 à 8 millimètres; ce réservoir a été éprouvé à une pression de 106 kilogrammes par centimètre carré. Au moment où on discute si vivement sur la question des arbres creux et des arbres pleins, la présence à une exposition de spécimen du genre de ceux que nous avons signalés plus haut offre un intérêt tout particulier.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

JUIN 1883.

Rapport de M. LEGENTIL sur les **Ateliers d'aveugles**, de M. LAVANCHY-CLARKE.

Cette intéressante question a été l'objet d'une communication de M. Lavanchy-Clarke (voir comptes rendus de décembre 1882 page 619).

Les aveugles sont assez nombreux pour que leur entretien soit une charge pour un pays et leur activité est un élément de production qui n'est pas à négliger au point de vue économique.

M. Lavanchy-Clarke a installé un atelier comptant 25 ouvriers tous aveugles dont un tourneur en bois, dix brossiers, huit rempailleurs et canneurs de chaises, etc.

On donne à ces ouvriers 3 francs par jour; on ne peut faire moins parce que la mendicité qui est très lucrative pour les aveugles, exerce un attrait considérable sur eux. L'œuvre a pour but de former des apprentis qui, lorsqu'ils sont devenus habiles, travaillent dans leurs familles, l'œuvre n'a plus alors qu'à leur fournir les matières premières et à pourvoir au placement des produits fabriqués. Ce dernier point présente de sérieuses difficultées qu'on ne peut guère vaincre qu'en s'adressant à une clientèle personnellement sympathique à l'œuvre. Quel que soit l'avenir réservé à l'éducation industrielle des aveugles la tentative de M. Lavanchy-Clarke n'est pas moins digne d'intérêt et d'encouragement.

Rapport de M. Ernest Dumas sur les **papiers teintés** de M. Latry.

Il s'agit d'un papier ou carton à dessin, couvert de plusieurs couches de couleurs différentes, qui permet d'obtenir par des grattages combinés avec l'emploi du crayon, de la plume ou du pinceau, des effets très variés et dont la perfection reste néanmoins soumise à l'habileté de l'artiste.

Trois couches superposées : grise, blanche et bleue, d'un encollage à la gélatine insoluble, d'un grain fin et très régulier, qui ne boivent pas et sur lesquelles le crayon, la plume ou le pinceau, prennent très aisément, permettent d'obtenir facilement des dessins d'une grande finesse et d'une grande netteté.

Les blancs et les bleus produits par le grattage sont, à volonté, très brillants et très purs ou nuancés de demi-teintes, et la possibilité où l'on est de retoucher, soit au crayon, soit au pinceau, sur ces enlevages, permet de varier les effets à l'infini.

Cette disposition, qui évite l'emploi du blanc de gouache, est d'autant plus utile que, par suite de cette absence de surcharge d'une couleur opaque dans les lumières, les dessins obtenus sur le papier gris et blanc donnent en transparence, des effets analogues à la lithophanie, d'un aspect très agréable et que, la préparation de ces papiers se faisant avec des couleurs à base de zinc, ils sont complètement insensibles aux influences atmosphériques et ne noircissent pas.

Matières colorantes de la garance et leurs métamorphoses par M. A. Rosenstiehl.

Des terrains salants du sud-est, par M. P. de Gasparin (Note adressée à l'Académie des sciences).

Exposition Universelle de 1878 à Paris.

Le matériel et les procédés de la couture et de la confection des vêtements, par M. Émile Barriquand, ingénieur-mécanicien.

La classe 58 comprenait 99 exposants français et 38 étrangers. Le rapport passe en revue successivement les machines à coudre, divisées en machines à navette circulaire, machines à navette droite, machines à point de chaînette à deux fils, machines à point de chaînette à un fil, les machines à plusieurs aiguilles, les machines à broder ou couso-brodeurs, les machines à plisser, les machines à coudre les gants, à coudre les chapeaux de paille, les machines pour la chapellerie, pour la cordonnerie et la sellerie, les machines à coudre au fil poissé, les machines à visser la chaussure, les machines à découper les étoffes, les machines à prendre mesure des vêtements.

Les conclusions sont que depuis 1867 :

Les machines à coudre ordinaires ont été améliorées;

Les machines à coudre spéciales, qui étaient presque ignorées, se sont révélées de la façon la plus remarquable;

Les machines à plisser ont également fait leur apparition, ainsi que les machines à scier les étoffes;

Les machines pour la chapellerie ont fait peu de progrès;

Les machines pour fabriquer les chaussures ont été considérablement augmentées et perfectionnées.

Dans cette lutte, le premier rang pour la grande et bonne production appartient aux États-Unis et à l'Angleterre, qu'il est difficile de séparer, les compagnies puissantes possédant des usines dans chacun des deux pays; mais la place la plus élevée, au point de vue technique, est restée à la France, pour le nombre et la qualité des inventions nouvelles qui ont été empruntées par tous les pays.

Procédé rapide de dosage du manganèse. par M. A. Ledebur. Extrait du *Journal of the Society of chemical industry*. C'est un procédé basé sur la couleur dans lequel on compare la coloration de la dissolution où le manganèse est amené à l'état de permanganate avec celle d'une dissolution type de permanganate de potasse.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

5e *livraison de* 1883.

Bâtiment principal de l'Exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin en 1883, par MM. Proell et Scharowsky.

Remorqueur à deux hélices, par MM. Sachsenberg frères.

Embrayages à friction pour transmissions, par A. Rieppel.

Régulateurs de pression, détendeurs de vapeurs etc., par Hermann Fischer.

Courbes elliptiques de distribution par tiroirs, par M. Frese.

Élévateurs hydrauliques avec compensateur hydrostatique du poids mort, par A. Ernst.

Machine à deux cylindres à faible dépense de vapeur, par R. R. Werner.

Perforatrice Meyer, par H. Lölling.

Appareils de signaux électriques automatiques pour Block-system.

Transmissions par câbles à grande vitesse.

Production de l'acier par les procédés au convertisseur.

Métallurgie du zinc et du plomb.

La première machine à vapeur en Allemagne, par E. Gerland.

Bibliographie. — Aide-mémoire du constructeur de machines à vapeur, par Joseph Hrabak. — Construction et emploi des appareils de levage, par W. H. Uhland.

6e *livraison de* 1883.

Bâtiment principal de l'Exposition d'hygiène et de salubrité de B
par Proell et Scharowsky (*suite*).

Machines à colonne d'eau des mines de Freiberg, par Gustave Hah

Instruments pour le dessin, par A. Martens.

Expériences de vaporisation faites sur les chaudières de la fi
d'Augsbourg, par R. R. Werner.

Prix de revient de la lumière électrique, par Ferd. Decker.

École moyenne pour mécaniciens, par Ad. Ernst.

Dangers de la formation du sulfate de fer dans les chaudières à va
par le Dr K. List.

Chauffage et ventilation. — Chauffage et ventilation du nouveau th
de Genève. — Aérophore de Treutler et Schwartz. — Ventilation
navires, par Boyle. — Chauffage à l'air chaud de Cederblom. — Chau
des voitures des chemins de fer de Gold. — Extracteur automatiqu
eaux de condensation de Peyer.

Appareils réfrigérants de la Morgue de Paris, par MM. Mign
Rouart.

Constructions de ponts. — Jetée-promenade de Ramsgate. — Po
chemin de fer près de Dordrecht. — Influence des différences de tem
ture sur les ponts en arc. — Ponts à poutres continues. — No
théorie des ponts suspendus avec tablier rigide, par Jay. du Bois. —
de Blackwell Island.

Électro-technique. — Transport de la force à distance, par M
Deprez. — Éclairage électrique des théâtres.

Mines. — Lavage des charbons dans la haute Silésie. — Empl
l'air comprimé dans l'exploitation des mines.

Télégraphie. — Le cinquantenaire de la télégraphie électriqu
Excursion dans le domaine de l'artillerie actuelle.

Bibliographie. — Appareils pour protéger les ouvriers contre les
dents dans les fabriques, par A. Pütsch. — Moyens de sécurité à emp
dans les établissements industriels, par K. Morgenstern. — Applicati
la statique graphique à l'étude des poutres continues, par le Dr K. St

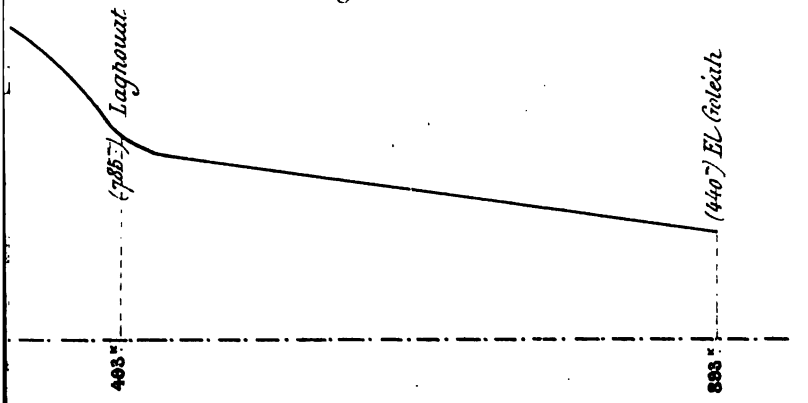
Correspondance. — Résultats obtenus dans la station d'expérience
combustibles de Munich.

Le Secrétaire-Rédacteur,

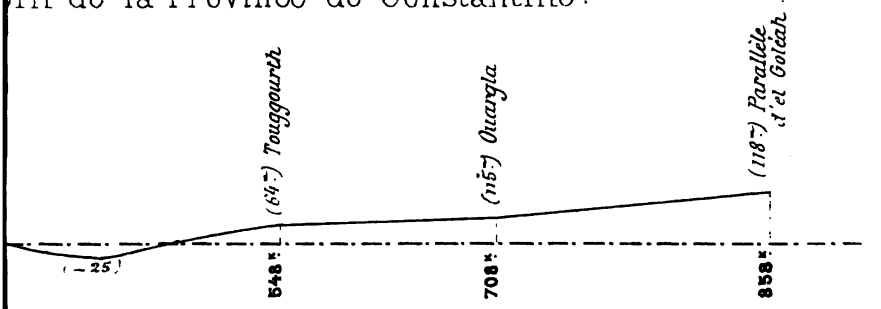
A. Mallet.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

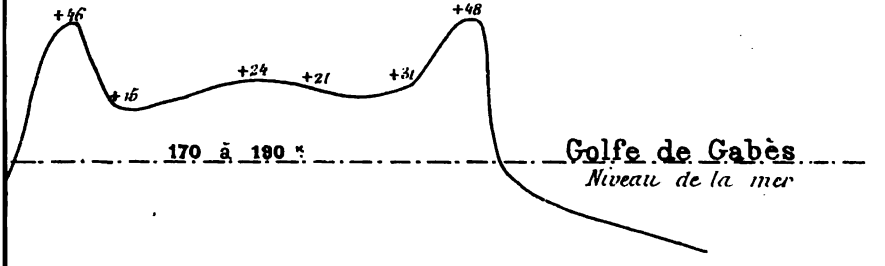
de la Province d'Alger.



fil de la Province de Constantine.

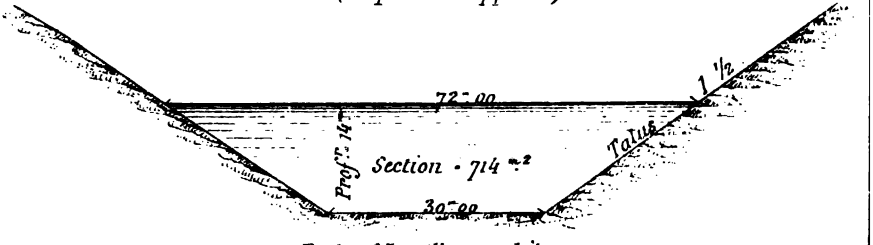


Mil R'ir et le golfe de Gabès.



Section du canal dans le terrain ordinaire.

(d'après le Rapp Off)



Pente 35 mill. par kilom.

2613.

Auto.-Imp. A. Broise & Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1883

N° 8

Pendant le mois d'août la Société a traité les questions suivantes :

1° *Exposition d'Amsterdam* (séance du 3 août, page 148).

2° *Réception des ingénieurs sortis de l'École de Liège* (séance du août, page 148).

3° *Vaporisation d'un générateur de vapeur système Dulac* (Essai de) par M. Brüll (séance du 3 août, page 148).

4° *Exposition de Zurich*, par M. Parisse (séance du 3 août, page 154).

5° *Chemin de fer métropolitain de Paris* (séance du 3 août, page 175).

Pendant le mois d'août, la Société a reçu :

De M. Walrand, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur la *Déphosphoration des fontes au convertisseur Bessemer.*

De M. Max de Nansouty, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Crémation.*

De M. Jules Dubuisson, membre de la Société, un exemplaire de ses études définitives d'une *Voie ferrée entre deux points donnés.*

De M. Émile Trélat, membre de la Société : 1° de la part de M. Dunant, secrétaire général de la Société d'*Hygiène et de Démographie*, un exemplaire des 1er et 2e volumes du quatrième Congrès international tenu à Genève, en 1882, par cette Société; 2° un exemplaire de l'*Étude et les progrès de l'hygiène en France de* 1878 *à* 1882, par MM. Napias et A.-J. Martin, secrétaires généraux de cette Société; 3° un exemplaire de sa note sur l'*Influence exercée par la porosité des murs sur la salubrité des habitations et précautions qu'elle suggère.*

De M. Paur, membre de la Société, un exemplaire du *Catalogue spécial de Kartographie* et un *Catalogue des groupes* 27, 28 *et* 42 *de l'Exposition de Zurich.*

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1883

Séance du 3 Août 1883.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Foulhoux vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur et MM. Couturaud, Max de Nansouty et Paul Garnier, officiers d'Académie.

M. ÉMILE TRÉLAT présente à la Société deux ouvrages. Le premier a pour titre : *Étude et progrès de l'hygiène en France de* 1878 *à* 1882, par MM. Napias et Martin avec une préface do M. le professeur Brouardel. Il fait cette offre au nom de la Société de *Médecine Publique et d'Hygiène professionnelle.*

Le second ouvrage est le compte rendu du *Congrès international d'Hygiène* tenu à Genève en 1882. C'est au nom de M. le professeur Dunand, secrétaire de ce congrès, que M. Émile Trélat présente ces deux volumes.

La Société trouvera, dans les livres qu'il dépose sur le bureau, des documents de haut intérêt. C'est un courant tardif que celui qui a donné naissance à la Société de Médecine Publique en France, en 1877, et qui a produit les congrès internationaux d'hygiène. Ce courant a mis en relief des études d'autant plus riches et fécondes, qu'elles étaient plus attendues et surtout plus nécessaires dans notre pays arriéré relativement à ses organisations sanitaires.

J'insiste, Messieurs, ajoute M. Trélat, pour fixer votre attention sur ces vastes sujets traités dans ces livres. On voit en Amérique, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, en Italie même des personnels d'ingénieurs

hygiénistes qui rendent de grands services à la santé publique. La France aura sous peu ses ingénieurs hygiénistes et, leur large besogne aura, n'en doutez pas, une grande influence patriotique sur notre solidarité nationale.

M. Émile Trélat a extrait du compte rendu du congrès de Genève les communications qu'il y a faites sur l'*Influence de la porosité des murs sur la salubrité des habitations*, et sur les *précautions qu'elle suggère*. Il a l'honneur d'offrir spécialement ce travail à la Société.

M. le Président remercie M. Trélat de la présentation qu'il vient de faire et qui complète ce qu'il a déjà dit l'année dernière à son retour du congrès de Genève. Ces livres seront déposés à la bibliothèque et seront certainement lus avec beaucoup d'intérêt.

M. le Président annonce que le Comité a chargé le Bureau de la Société de prendre les mesures nécessaires pour organiser une excursion en Hollande à l'occasion de l'Exposition coloniale d'Amsterdam.

Cette excursion pourrait avoir lieu du 15 *au* 20 *septembre prochain;* elle comprendrait, outre la visite à l'Exposition, l'étude des travaux et des aménagements des ports d'Anvers, Rotterdam et Amsterdam.

La durée et l'organisation du voyage sont subordonnées au nombre des Membres de la Société qui seraient disposés à prendre part à cette excursion, les inscriptions seront reçues au secrétariat de la Société jusqu'au 15 septembre.

M. le Président annonce également que le Comité a décidé que la Société des Ingénieurs civils prendra les dispositions nécessaires pour recevoir, du 5 au 10 août 1884, la Société des Ingénieurs sortis de l'École de Liège, qui doivent faire une visite à Paris à cette époque.

Notre Société cherchera à faciliter à ces ingénieurs l'accès de quelques-uns de nos établissements industriels, soit à Paris, soit sur la route, sous une forme analogue à celle adoptée par l'institution des Ingénieurs mécaniciens d'Angleterre.

M. Brüll a la parole pour rendre compte de l'essai d'un générateur du système Dulac dans les ateliers annexes de MM. Varrall, Elwell et Middleton.

Le lundi 23 juillet, M. Brüll s'est rencontré avec MM. Bougarel et Dulac membres de la Société, pour examiner les dispositions prises par ce dernier en vue de l'essai projeté pour le lendemain. Ces dispositions ont été approuvées.

Le mardi 24, MM. Bougarel et Brüll se sont réunis de nouveau auprès du générateur où plusieurs membres de la Société sont venus les rejoindre.

Il convient de décrire rapidement la chaudière qu'il s'agissait d'expérimenter.

Les tubes à circulation, bien connus sous le nom de tubes Field, se composent d'un tube vertical bouché dans le bas et pendant sous une

plaque tubulaire au-dessus d'un foyer. Un tube de faible diamètre ouvert aux deux bouts, est fixé dans l'intérieur du premier; il ne descend pas jusqu'au fond et son extrémité supérieure qui dépasse la plaque tubulaire est évasée en forme de cône.

Lorsqu'on chauffe un appareil de ce genre, l'eau comprise entre les deux tubes diminue aussitôt de densité, il s'y établit un courant ascendant alimenté en bas par l'eau relativement froide qui descend par le tube central. Ce courant devient très rapide lorsqu'il y a formation de bulles d'air ou de vapeur et produit ainsi un renouvellement actif et incessant du fluide à chauffer. Grâce à ce fait et aussi au peu d'épaisseur des parois, les tubes à circulation se trouvent dans de très bonnes conditions pour dépouiller la flamme d'une grande partie de son calorique.

On pourrait penser que ces courants rapides empêchent les sels calcaires de se déposer. Mais on conçoit que pendant le refroidissement qui suit la mise hors feu et pendant le réchauffement qui précède la mise en pression, l'eau en mouvement amène dans les tubes des dépôts que la vitesse est insuffisante à entraîner et qui viennent obstruer le fond des tubes.

D'ailleurs la pratique a montré que si les chaudières à circulation rendent de bons services lorsqu'elles sont alimentées avec une eau de bonne qualité, elles ne conviennent nullement aux eaux incrustantes. Le fond des tubes se remplit de dépôts, de paillettes détachées par les mouvements de dilatation et de contraction, et ces tubes, insuffisamment refroidis, ne tardent pas à être mis hors de service par la violente chaleur à laquelle ils sont exposés.

Pour mettre à profit, avec des eaux quelconques, l'énorme puissance de vaporisation du tube à circulation, il fallait le préserver de cette destruction par l'effet des dépôts calcaires. Tel est le principal objetif que M. Dulac s'est proposé.

Dans ce but, il a prolongé le tube central au-dessus de la plaque tubulaire, et l'a entouré d'un récipient cylindrique en tôle mince qui s'ajuste sur le déflecteur conique. A la partie supérieure de ce cylindre se trouve un dispositif très simple permettant aux particules solides en suspension dans l'eau d'entrer dans le récipient sans en pouvoir sortir, même lorsque, par l'effet d'une dépression, l'eau s'élève dans le récipient au lieu d'y descendre.

Les sels calcaires rendus pulvérulents par un traitement chimique de l'eau au moyen du carbonate de soude, sont entraînés par la circulation ascendante dans l'intervalle annulaire des tubes, pour descendre ensuite avec l'eau qui passe par le tube central. Mais dans le récipient qui entoure, sur une section décuple, la partie supérieure de ce tube, il s'établit aussi un léger courant descensionnel qui y apporte les corps en suspension et préserve ainsi les tubes bouilleurs de tout dépôt et de toute incrustation.

M. Dulac a déjà appliqué sur des générateurs de divers systèmes, des collecteurs de ce genre pour capter les sels calcaires rendus pulvérulents par l'addition de carbonate de soude à l'eau d'alimentation; et bien des

fois il a montré ces collecteurs remplis de plus de mille kilogrammes de dépôts, tandis que les parois de la chaudière étaient restées nettes après une année de fonctionnement sans nettoyage.

Le générateur que présente aujourd'hui M. Dulac, se compose d'un faisceau vertical de 144 tubes pendentifs de 60 millimètres de diamètre extérieur et 1m,200 de longueur utile, disposés au-dessus de la grille et assemblés au moyen de bagues coniques sous une plaque tubulaire ronde. Cette plaque forme le fond d'un corps cylindrique vertical; elle est reliée à la calotte supérieure par de fortes entretoises.

Un cylindre horizontal de longueur variable, suivant la place dont on dispose, est relié au corps vertical; dans le cas actuel, l'espace faisant défaut, ce corps horizontal n'a que 0m,50 de longueur.

Le faisceau de tubes produit, dans l'eau qui le surmonte, une projection tumultueuse de vapeur mélangée d'eau. Une tôle à peu près verticale, fixée au-dessus du niveau de l'eau, sépare cette capacité de la chambre de vapeur du corps horizontal et ne laisse, de passage à la vapeur, que dans le haut. Le flot de vapeur humide est ainsi obligé à s'élever jusqu'à la calotte supérieure, à s'infléchir contre celle-ci et à se renverser complètement de l'autre côté de la tôle. Les gouttes d'eau violemment lancées contre la calotte ne peuvent suivre ce mouvement et se séparent de la vapeur.

Un corps cylindrique vertical de 4m,600 de hauteur s'assemble au bout de la partie horizontale de la chaudière. Cette poche profonde reçoit près de son fond l'alimentation d'eau et fait l'office de réchauffeur. Elle permet ainsi de dépouiller autant que possible les gaz de leur chaleur avant de les envoyer à la cheminée.

La surface de chauffe qui est de 50mq,75 se décompose comme suit :

Surface tubulaire.	33mq,68
Surface de la chaudière.	9 ,45
Surface du réchauffeur.	7 ,62
Total égal.	50 ,75

La grille de 1m,50 de longueur sur 1m,10 de la largeur est placée à 0m.800 au-dessous du bas des tubes. Au-dessus d'elle est le foyer réfractaire de forme cylindrique dans lequel se trouve le faisceau de tubes; ce foyer est entouré d'une armature en tôle. Plus haut la chambre de combustion devient rectangulaire et un diaphragme horizontal concentre les gaz chauds sur la surface tubulaire.

L'air atmosphérique entre par deux registres établis sur la façade du fourneau, circule autour de l'enveloppe du foyer, descend dans le cendrier au fond duquel on entretient une couche d'eau et traverse ensuite la grille.

Les flammes et les gaz du foyer sont peignés par le faisceau de tubes, rassemblés au centre de ce faisceau par le diaphragme, ils suivent ensuite un carneau établi au-dessous du corps horizontal, puis pénètrent dans la

tour au milieu de laquelle descend le réchauffeur. Le carneau d'évacuation des fumées prend naissance au bas de cette tour.

Le générateur installé par M. Dulac, chez MM. Varrall et Cie, était en service régulier depuis le commencement de mars 1883, fournissant, avec l'eau de la ville, huit à neuf cents kilogrammes de vapeur par heure aux trois machines motrices des ateliers. Aucun nettoyage n'avait eu lieu pendant cette période de plus de quatre mois. Le combustible employé est du coke de gaz tout venant.

L'essai de vaporisation avait pour objet de déterminer la production maxima de vapeur de l'appareil et la consommation de combustible correspondante, et aussi d'enregistrer la pression du générateur. On devait également mesurer en divers points la température des gaz de la combustion et déterminer leur composition à la sortie du fourneau.

Mais les appareils pour la mesure des températures et pour l'analyse des gaz n'étaient pas en état de bon fonctionnement, de sorte que l'on a dû se borner à constater pendant trois heures quarante-cinq minutes la consommation d'eau, la consommation de charbon et la pression.

La vapeur fournie aux machines paraissait sèche d'après l'aspect d'un jet d'épreuve jaillissant au-dessus du réchauffeur. Mais celle qui sortait des soupapes installées au-dessous de la chaudière à tubes semblait au contraire très aqueuse.

D'après le diagramme du manomètre enregistreur Bourdon, la pression s'est maintenue entre 5 kilos et $7^{k},25$ par centimètre carré, et moyennement à $6^{k},8$ environ.

La pression de 5 kilos qui est la plus basse observée a été produite au moment du décrassage des feux. Une chute assez rapide de $7^{k},25$ à $5^{k},5$ a été aussi produite par suite d'un ordre donné au chauffeur et mal compris par lui.

Les soupapes ayant soufflé presque constamment, on ne peut pas considérer comme sèche la masse de vapeur produite.

Il a été consommé 3748 kilogrammes d'eau et 456 kilogrammes de coke, ce qui fait $8^{k},222$ d'eau par kilogramme de coke et 1000 kilogrammes d'eau par heure avec une surface de chauffe totale de $50^{mq},75$, soit $19^{k},700$ d'eau par mètre carré et par heure.

Un échantillon moyen a été prélevé sur le coke et sur l'eau employés.

Ces échantillons ont été analysés par M. Abel Arbeltier, chimiste, et ont fourni les résultats suivants :

Coke. . .	eau.	8.12
	matières volatiles.	3.62
	carbone.	78.34
	cendres.	9.92
	Total	100.00

puissance calorifique après dessiccation (essai à la litharge) 6900

Eau . . .	carbonate de chaux par litre	0gr,184
	sulfate de chaux anhydre.	0gr,028
	chaux totale	0gr,116

Telles sont les seules indications certaines qu'ait pu fournir l'essai du 24 juillet.

Mais M. Dulac ayant manifesté le désir de renouveler l'expérience dans de meilleures conditions de fonctionnement et d'observation, un nouvel essai de trois heures vingt-huit minutes de durée eut lieu le 28 juillet en présence de MM. Bougarel et Brüll.

On fit fonctionner le générateur à une allure moins vive, pour les seuls besoins de l'alimentation des trois machines, sans laisser souffler les soupapes et en ne produisant que de la vapeur exempte d'eau vésiculaire, du moins à l'aspect.

Les instruments dont les indications n'avaient pu être utilisées avaient été mis en état et soigneusement vérifiés.

Deux pyromètres Tremeschini avaient été disposés pour mesurer la température des gaz, l'un sur le côté gauche de la chaudière après leur passage à travers le faisceau tubulaire, et le second à l'extrémité du fourneau dans la tour renfermant le réchauffeur, c'est-à-dire après le parcours des gaz dans le carneau horizontal.

Un thermomètre à mercure était placé sur le carneau-traînant conduisant le gaz à la cheminée.

Un appareil Orsat permettait de déterminer la composition des gaz évacués. La prise de ces gaz était faite tout à côté du thermomètre.

Un manomètre enregistreur de Bourdon était installé sur la chaudière.

Un manomètre à eau de Bourdon était disposé près du pied de la cheminée pour indiquer la dépression produite par le tirage de celle-ci.

Un grand réservoir d'eau a été mesuré; pour permettre la constatation de la quantité d'eau consommée, le réservoir était muni d'une échelle graduée. Le trop-plein de l'alimentation fournie par la pompe de la machine faisait retour dans le réservoir. Afin de pouvoir alimenter pendant le remplissage du réservoir et pour permettre de se rendre compte malgré cela de l'eau envoyée à la chaudière, une petite bâche fournissait au générateur l'eau nécessaire. La communication du réservoir à la chaudière était alors fermée.

Le niveau moyen de l'eau dans la chaudière était indiqué par un trait sur le tube de niveau.

La température de l'eau d'alimentation s'est maintenue sensiblement constante à 16°.

Le coke destiné à l'alimentation du foyer a été soigneusement pesé avant d'être livré au chauffeur.

Après avoir constaté le niveau de l'eau dans les réservoirs et dans la chaudière, et après s'être rendu compte de l'état du feu, l'essai de vaporisation a été commencé à 1 heure 12 minutes et terminé à 4 heures 40 minutes.

Voici le résumé des diverses constatations faites pendant le cours de l'expérience.

La température moyenne des gaz au sortir du faisceau de tubes a été de 330°, elle a oscillé entre 311 et 355°.

La température observée dans la tour du réchauffeur a varié entre 280 et 310°, elle a été moyennement d'environ 300°.

La température dans le carneau rampant a été en moyenne de 183°; les extrêmes ont été 150 et 205°.

Il est frappant de voir les gaz du foyer refroidis à 300° par leur seul passage à travers le faisceau tubulaire. Cela montre bien la faculté d'absorption remarquable et par suite l'énorme puissance de vaporisation de ces tubes à circulation rapide.

Comme il était facile de le prévoir, les gaz ont peu perdu de leur chaleur dans leur faible parcours sous le corps horizontal de la chaudière. Mais le gros corps vertical du réchauffeur, rempli d'eau relativement froide utilise bien le calorique restant dans les gaz qui l'entourent avant qu'ils soient livrés à la cheminée.

Pour une surface de grille de $1^{mq},65$, la section ouverte du registre à été en moyenne de $8^{dcq},40$. La cheminée a une hauteur de 25 mètres; $0^{m},94$ de diamètre à la base et $0^{m},66$ de diamètre au sommet. La dépression barométrique au bas de la cheminée a oscillé entre $8^{mm},4$ et $9^{mm},6$ avec une moyenne de $8^{mm},8$. Ce chiffre relativement faible montre que le tirage ne consomme qu'une faible fraction de la chaleur disponible.

Il a été fait six analyses des produits de la combustion; en voici les résultats en volumes :

Il n'a pas été trouvé plus de 1 pour 100 d'oxide de carbone et plusieurs fois l'absence de ce gaz a été constatée. La moyenne peut être évaluée à 1/2 pour 100.

Les dosages d'acide carbonique ont varié de 8 à 14 pour 100 avec moyenne approximative de 11 pour 100.

L'oxygène a été trouvé en proportion de 7 à 12 pour 100, avec moyenne de 9,3 pour 100.

La moyenne des six analyses peut donc se présenter comme suit :

Azote	792	volumes
Oxygène	93	—
Oxyde de carbone.	5	—
Acide carbonique.	110	—
Total	1000	

Il résulte de ces chiffres que sur le volume d'air admis, il y en a plus de $\frac{11}{21}$ d'utilisé à la combustion et presque entièrement transformé en acide carbonique. La perte de chaleur due à la formation de l'oxyde de carbone est extrêmement faible.

La pression moyenne de la vapeur a été de $5^k,6$ par centimètre carré avec un écart en plus et en moins de $1^k,2$. La chaudière paraît un peu sensible, ce qu'il faut attribuer sans doute au peu de longueur dont on a dû se contenter pour le corps horizontal.

Après avoir vérifié l'état du foyer et du niveau dans la chaudière, on a reconnu qu'il a été brûlé 340 kilogrammes de coke pour une vaporisation de 3066 kilogrammes d'eau, ce qui fait une vaporisation de 9 kilogrammes d'eau par kilogramme de coke brûlé et une production de 884 kilogrammes de vapeur par heure, soit $17^k,4$ par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Si l'on voulait tenir compte de l'humidité et des cendres du combustible employé, on voit que la vaporisation aurait été de $\frac{100.00}{81.96}.9$, soit près de 11 kilogrammes par kilogramme de coke supposé exempt de cendre et d'humidité. C'est là certainement une utilisation satisfaisante du calorique disponible dans le combustible employé.

M. le Président remercie M. Brüll d'avoir bien voulu nous donner ces renseignements; nous devons nous féliciter d'avoir chargé M. Brüll d'assister à ces expériences, dans lesquelles je trouve un caractère tout particulier : c'est le régime de la réception des chaudières, constater à la fois les variations de température et faire les analyses de combustible, je crois que c'est une voie nouvelle que M. Brüll vient d'ouvrir; généralement, dans cette opération, il y a toujours une lacune. Quand nous aurons sous les yeux le résultat, nous pourrons l'apprécier. Je pense que M. Dulac nous donnera plus tard des renseignements au point de vue des dépôts.

M. Dulac. Après les explications que M. Brüll vient de donner, il me restera peu de choses à faire, et je profiterai de cette circonstance pour remercier M. Brüll. Grâce à lui, un point jusqu'alors négligé, a été mis au jour : c'est la dépression barométrique des gaz dans la cheminée.

Ordinairement, on y rencontre 14 ou 18 millimètres d'eau, et, grâce à M. Brüll, on a constaté une dépression de 8 à 10 millimètres. Je crois que c'est là le point intéressant, le côté frappant. Je ne me doutais pas de ce fait; il a fallu le concours de M. Brüll pour le mettre en évidence.

M. le Président donne la parole à M. Parisse pour nous entretenir de l'Exposition de Zurich.

M. Parisse. Messieurs, je viens appeler votre attention pendant quelques instants, sur une exposition qui présente pour nous, à bien des points de vue, un intérêt des plus sérieux.

Je veux parler de l'exposition nationale Suisse, établie à Zurich, à peine connue à Paris, à tel point que, il y a quelques minutes, un de mes collègues, apprenant que j'allais vous faire cette communication, me disait : il y a donc une exposition à Zurich !

Celle-ci est la quatrième de la Suisse : la première eut lieu en 1843 à Saint-Gall, la seconde et la troisième à Berne en 1848 et en 1857; mais

elle est tellement différente des précédentes, son importance est relativement si considérable, que l'on peut dire que c'est la première grande exposition Suisse.

Je serai heureux, Messieurs, si je réussis à vous montrer toute l'importance qu'il y a pour nous à la connaître, comme ingénieurs et comme français, plus heureux encore si je puis décider quelques-uns de mes collègues à faire un voyage qui ne sera pas regretté j'en suis certain.

L'emplacement qui a été choisi pour ériger les nombreux bâtiments qui la composent, est d'abord la promenade du Platz, charmante presqu'île formée par le confluent de deux cours d'eau, la Sihl et la Limmat. Cette promenade, plantée d'arbres séculaires, offre au visiteur, après les fatigues de la journée, un lieu de repos fort agréable. La surface ainsi déterminée étant insuffisante, on a dû franchir la Sihl et emprunter au quartier industriel de Zurich, peu bâti en cet endroit, les terrains qui manquaient. Deux larges ponts en bois permettent d'ailleurs de communiquer facilement d'une rive à l'autre.

Une élégante construction, réservée à l'exposition des Beaux-arts, se trouve un peu éloignée de la promenade du Platz, elle est située au bord du lac, dans le jardin de la Tonhalle, bien connu des touristes. Cette charmante position fait bien vite oublier le désagrement d'un déplacement.

Mais revenons à la Platz-Promenade où se trouve édifié un immense bâtiment à peu près rectangulaire de 172 mètres de longueur sur une largeur de 57 mètres. Sa surface a exactement 9,882 mètres carrés[1].

Un grand transept coupe par le milieu la nef centrale et les deux galeries latérales qui le composent. Ce bâtiment, entièrement construit en bois, a reçu le nom très approprié de *Palais de l'Industrie*. C'est une des principales constructions de l'exposition, elle fait le plus grand honneur à ses auteurs MM. Albert Pfister et W. Martin, secondés par M. Villard, architecte de Lausanne.

Deux entrées principales y donnent accès, elles sont constituées par un pignon ayant 16 mètres de hauteur au faîtage, sur une largeur de 27 mètres formant un porche à fond plat de 6 mètres de profondeur, sous lequel se trouve une galerie, de 4 mètres de large, supportée par un gracieux portique de quatre pilastres, accouplés deux à deux.

Ces pignons sont flanqués de deux tours carrées très élégantes supportant chacune une plate-forme élevée de 18 mètres d'où la vue embrasse l'exposition entière; chacune de ces tours est surmontée d'une gracieuse lanterne d'où s'élance un mât portant une oriflamme.

La décoration générale de ce bâtiment rappelle les constructions en bois des seizième et dix-septième siècles dont la Suisse possède encore des types très intéressants.

Il renferme surtout des matières fabriquées; le coton, la laine, la soie,

1. Ces chiffres ainsi que les suivants m'ont été fournis par M. Jegher, secrétaire général de l'exposition que je suis heureux de remercier tout particulièrement ici de sa bonne obligeance.

les vêtements, la broderie, l'horlogerie, la petite mécanique de précision, les objets en paille dont la fabrication fait vivre plus de 15,000 personnes principalement dans le canton d'Argovie.

Puis vient le mobilier qui occupe près du quart de la surface de cet immense bâtiment; cette exposition du mobilier est des plus remarquables. Et enfin, les expositions des écoles présentant un intérêt considérable dans un pays qui a toujours fait les plus grands sacrifices pour améliorer l'éducation publique.

Traversons la Sihl sur un des deux ponts dont j'ai parlé plus haut, nous avons devant nous le bâtiment des machines couvrant une surface supérieure à celle du Palais de l'Industrie (11,320^{m2}). Cette construction a la forme d'un V dont les deux branches feraient un angle de 45 degrés, leur longueur totale est de 254^{m},50 suivant l'axe. Elle comprend une nef principale d'une largeur de 24 mètres accompagnée de galeries latérales.

La couverture de la nef est supportée par 54 fermes en bois dont la hauteur au faîtage est de 10 mètres au-dessus du sol. Pour la construction de ce bâtiment 63,600 mètres linéaires de charpentes et 32,000 mètres carrés de planches ont été utilisés.

Les architectes ont eu l'heureuse idée de placer dans l'angle rentrant de ce bâtiment une rotonde octogonale présentant une superficie de 760 mètres carrés. Cette rotonde agréablement décorée est d'un heureux effet.

Elle est surmontée d'une lanterne dont le plancher est à 30 mètres du sol, un escalier en permet l'accès aux visiteurs largement dédommagés de l'ascension par l'admirable vue embrassée de la plate-forme, sur l'exposition, sur la ville et les charmantes collines parsemées de maisons qui l'entourent, puis au loin sur les grandes Alpes qui se perdent à l'horizon.

Ce bâtiment a été construit très rapidement par la maison Locher et Cie de Zurich. La commande lui fut donnée le 24 juin 1882, le 21 juillet les fermes commencèrent à arriver sur le chantier et le 7 octobre on posait la dernière. Au jour fixé par le traité, le 30 octobre, le bâtiment était achevé. Le plancher seul restait à poser, mais il fallait attendre que les travaux de fondation, partout en cours pour les machines, fussent terminés.

Cette construction renferme les machines; dans la nef centrale, et dans les galeries latérales: l'architecture, les matériaux de construction, les produits bruts, l'industrie métallurgique, le génie civil, les moyens de transports, etc.

Elle est continuée par une immense annexe renfermant les aliments, l'hygiène et le sauvetage, les produits chimiques, l'agriculture puis le mobilier scolaire, la place ayant fait défaut pour loger ce dernier dans le Palais de l'Industrie à côté de l'exposition des Écoles. Cette annexe occupe une surface de 4,206 mètres carrés. Elle est suivie d'un jardin destiné aux collections agricoles et horticoles.

Indépendamment de ces deux grands vaisseaux beaucoup de kiosques et

de pavillons élégants se trouvent gracieusement répartis dans les jardins. Soit dans celui qui se trouve entre les deux branches du V formé par le bâtiment des machines, soit dans le Platz Promenade.

Le temps me manque, Messieurs, pour vous signaler tout ce qui mériterait de l'être dans cette importante exposition et d'ailleurs bien des choses m'ont certainement échappé.

Je me bornerai donc à y faire avec vous une rapide promenade en ne vous indiquant que ce qui m'a paru mériter le plus l'attention.

Voyons d'abord l'exposition du génie civil, elle est fort remarquable, la Suisse, en effet, présente par la configuration accidentée de son sol, un vaste champ d'activité à l'art de l'ingénieur, la construction des chemins de fer et des routes y rencontre des difficultés considérables. Les cours d'eau, la plupart torrentueux, ont nécessité des travaux de régularisation importants, aussi cette exposition présente-t-elle un intérêt de premier ordre.

Voici d'abord une foule de renseignements très attachants sur le chemin de fer du Gothard qui constitue certainement le travail d'art le plus important qui ait jamais été exécuté pour les chemins de fer. D'intéressantes cartes permettent de suivre toutes les sinuosités de cette ligne remarquable. De nombreuses photographies accompagnent ces documents.

Voici une autre carte donnant de curieux renseignements sur les chemins de fer suisses, elle indique chronologiquement par des teintes variées l'état du réseau de cinq ans en cinq ans depuis 1855 jusqu'en 1883. Cette carte nous apprend, par un tracé en jaune, que les lignes construites en 1855 étaient celles: d'Yverdon à Lausanne et à Morgues, de Zurich à Baden (ce fut la première ligne Suisse inaugurée en 1847), et à Winterthur, de Winterthur à Romanshorn et à Flawyl sans oublier la ligne de Bâle à Sissach. Aucune de ces lignes ne présente les fortes pentes que l'on ose aujourd'hui; que de progrès le réseau Suisse (2,618 kilomètres en 1881) a fait depuis cette époque !

Les chemins de fer spéciaux à adhérence ou à crémaillère, avec voie normale ou étroite, si nombreux en Suisse sont largement représentés ici. D'abord les lignes à adhérence; celle de Waldenbourg avec une voie de 0m,75 et une pente maximum de 30 pour 1,000, puis celle de Winkeln-Herisau avec une voie de 1 mètre et une pente maximum de 36 pour 1,000, puis la ligne de Righi-Scheidegg avec la même largeur de voie, mais une pente qui atteint 50 pour 1,000, la ligne de Wadensweil à Einsiedeln à voie normale et une pente maximum de 50 pour 1,000; puis la ligne de l'Utliberg à voie normale également, mais avec des pentes atteignant jusqu'à 70 pour 1,000.

Enfin, les lignes d'Arth-Righi et de Vitznau-Righi, toutes deux à crémaillère et à voie normale, avec des pentes atteignant pour la première 200 pour 1,000 et pour la seconde 250 pour 1,000.

La Compagnie des chemins de fer de la Suisse occidentale, a envoyé divers projets élaborés en 1881 et en 1882 par M. Meyer, pour la traversée du Simplon par un chemin de fer, ces projets très intéressants vous sont déjà connus,

M. Meyer ayant fait récemment, à notre Société, une conférence à leur sujet. Je n'insisterai donc pas sur la grande importance économique de cette ligne au point de vue des intérêts français.

Le canton de Fribourg expose les dessins du pont construit sur la Glane et un petit modèle du superbe pont du Javroz accompagné de documents nombreux. Ce dernier ouvrage a été construit par MM. Ott et Cie de Berne.

Voici également un modèle partiel au 1/20 du pont suspendu de Fribourg. Je vous en parle, Messieurs, parce que je suis certain de vous être agréable en rappelant que cette œuvre d'art si hardie, pour l'époque où elle a été exécutée, est due à un Français : Chaley. Ce pont, terminé en 1835, traverse la Sarine d'une seule portée de 268 mètres, les cables qui le supportent reposent sur deux portiques de 20 mètres de hauteur. J'ai pensé qu'il était intéressant de rappeler à ce sujet les chiffres suivants :

La partie métallique a coûté	123,743 fr.
Les fouilles et la maçonnerie	21,690 fr.
Total.	145,433 fr.

Cet ouvrage a d'ailleurs subi des réparations importantes. A la suite des accidents survenus chez nous à ce genre de ponts, les ingénieurs chargés de celui-ci se sont émus et un nouveau gros cable a été posé en 1881, une autre réparation avait déjà été faite en 1852. Tout ce qui se rattache à l'histoire de ce pont se trouve soigneusement rassemblé dans la galerie du génie civil.

Le canton de Zurich expose le modèle et les dessins du nouveau pont en construction sur la Limmat à Zurich même. Ce pont très élégant, en tôle assemblée, est dû à M. Lauter, ingénieur.

Je citerai encore les remarquables travaux de régularisation de la Tœss de la Glatt et de la Thur que l'on peut facilement étudier avec les documents exposés : plans, vues, photographies, etc.

Le canton de Vaud a envoyé également d'intéressants documents relatifs aux travaux de régularisation de la Gironne exécutés par M. Gonin, ingénieur. La vallée de la Gironne a seulement 14 kilomètres des Diablerets où se trouve la source jusqu'au Rhône, elle comprend une grande partie des importantes salines de Bex. Trop souvent ce cours d'eau causait à l'époque des crues de grands dommages dans cette charmante vallée. Des photographies représentant les désastres causés par la terrible inondation du 2 septembre 1873 sont suffisamment édifiantes et font ressortir les immenses avantages que procurent à cette contrée les ingénieux travaux de M. Gonin.

Enfin, je signalerai, pour terminer l'envoi du canton du Valais, un beau relief des travaux d'endiguement du Rhône et du desséchement de la plaine de Martigny.

L'architecture occupe une large place, ou plutôt deux larges places à

Zurich, car cette exposition est scindée en deux parties : l'une se trouve au pavillon des Beaux-Arts dans le jardin de la Tonhalle près du lac, l'autre dans les galeries latérales du Maschinen-Halle.

Beaucoup de choses se trouvent dans les deux parties de cette exposition. Nous ne pouvons malheureusement en citer qu'une petite fraction. Commençons par les dessins exposés dans le pavillon des Beaux-Arts.

Voici d'abord le plan, la façade principale, la façade latérale et une coupe de la jolie bourse de Zurich construite dans le style de la renaissance italienne, par MM. Albert Müller et C. Ulrich de Zurich.

Puis le projet de concours pour l'hôtel de ville de Hombourg de MM. Mylius et Bluntschli. Ce projet a eu le premier prix.

MM. Reutlinger frères, ont une abondante exposition parmi laquelle l'asile de vieillards du Wœldli à Hottingen, construit en 1881, et différentes maisons d'écoles.

MM. Lambert et Rychner de Neuchâtel ont envoyé des planches pour une publication encore à l'état de projet mais qui promet d'être intéressante : *L'Architecture en Suisse aux différentes époques.*

La Société des ingénieurs et des architectes de Fribourg expose soit ici, soit dans le Maschinen-Halle, de beaux travaux parmi lesquels, une série de spécimens de constructions rurales, des plans de châteaux et de nombreux édifices municipaux du canton de Fribourg.

Dans les galeries du Maschinen-Halle l'exposition d'architecture n'est pas moins remarquable, elle est accompagnée des expositions des entrepreneurs de travaux.

Nous signalerons aussi les dessins de l'hôtel de ville de Winterthur, un des plus gracieux de la Suisse, il est dû à l'architecte bien connu Semper, ainsi que la belle construction de l'école polytechnique fédérale.

La ville de Bâle a envoyé également une belle collection de dessins relatifs à ses monuments si nombreux.

M. Benjamin Recordon expose les plans du palais de justice fédéral en construction à Lausanne.

Citons encore les gracieux dessins envoyés par les frères Brummer.

Enfin, et j'ai gardé ceci pour terminer notre excursion dans les galeries consacrées à l'architecture, voici quelques dessins exposés avec un soin particulier par le canton de Vaud, ils sont de cette main fine et délicate qui caractérisait Viollet-le-Duc ; c'est qu'en effet, notre grand architecte avait acquis à Lausanne une maison de campagne pour aller s'y reposer l'été, mais à peine arrivé, son infatigable ardeur reprenait le dessus et il travaillait là-bas comme à Paris.

La cathédrale de Lausanne, qui est une des plus belles de la Suisse, avait besoin d'une restauration, la municipalité le pria de s'en charger et il accepta, ne sachant pas ne rien faire. Ce fut, je crois, Messieurs, un des derniers travaux de cet infatigable travailleur. L'exposition à Zurich des dessins relatifs à la restauration de la cathédrale de Lausanne par

Viollet-le-Duc constitue un hommage rendu à sa mémoire auquel vous serez certainement très sensibles, je tenais beaucoup à vous le signaler.

A côté de l'architecture se trouve une exposition assez étendue et qui se continue d'ailleurs dans le parc, celle des industries du bâtiment. J'indiquerai ici seulement la gracieuse exposition de la fabrique de chalets suisses d'Interlaken et les dessins de chalets qui l'accompagnent de M. Risold architecte.

La belle exposition de marbres suisses de M. Doret de Vevey ainsi que celle de la Société des carrières de Saint-Triphon et Collombey.

Puis les intéressantes installations pour le chauffage par la vapeur, par l'eau chaude ou par l'air chaud des maisons Sulzer de Winterthur, Weibel de Genève et Breitinger de Zurich.

Dans la galerie des machines, je vous signalerai d'abord l'exposition organisée par les inspecteurs fédéraux des fabriques sur l'heureuse initiative de l'un d'eux, M. Imbach de Bâle, un de nos collègues, membre du comité central de l'exposition. Vous savez, Messieurs, que trop souvent les ouvriers sont victimes d'accidents pendant leur travail; cette exposition a pour but de mettre au jour, de vulgariser, tous les moyens connus de prévenir ces accidents.

Je rappellerai ici à ce propos que ce sont les grands industriels alsaciens groupés en société qui ont l'honneur d'avoir les premiers agité cette question si importante, si humaine de la protection des ouvriers contre les accidents auxquels leurs travaux les exposent.

La Suisse a suivi officiellement ce généreux mouvement, la loi fédérale sur les fabriques en instituant des inspecteurs d'usines, a voulu généraliser et étendre, par leur intermédiaire, les moyens de protection déjà connus. L'exposition dont nous parlons, en mettant sous nos yeux les résultats nombreux obtenus de cette institution, nous fait prévoir tous les services qu'elle est appelée à rendre à la Suisse industrielle.

Remarquons d'abord plusieurs systèmes de monte-courroies mécaniques fort ingénieux réunis sur un bâti rappelant celui qui a été exposé à Paris en 1878 par un de nos collègues, M. Engel Dollfus de Mulhouse.et qui lu a justement valu une médaille d'or. Parmi les monte-courroie portés par le bâti exposé par MM. les inspecteurs de fabriques, citons ceux de MM. Durand et Baudwin.

Remarquons ensuite une meule d'émeri, entourée d'une enveloppe munie d'un aspirateur évitant l'inhalation de poussières toujours dangereuses. Puis une disposition, pour protéger les ouvriers contre les scies circulaires, consistant en une cage mobile, que l'on peut descendre plus ou moins sur la scie, suivant l'épaisseur des bois à débiter. De nombreux appareils pour protéger les voies respiratoires des ouvriers contre les vapeurs dangereuses, ou les poussières; l'air s'y trouve filtré sur du coton ou du charbon; des lunettes pour préserver les yeux dans le même cas.

Une disposition très simple empêchant la prise des doigts entre les cylin-

dres d'un laminoir. La grille de sûreté pour bancs à broches de MM. Dollfus, Mieg et Cie de Mulhouse et quantité d'autres appareils intéressants.

Je vous ferai remarquer maintenant la belle exposition de M. Martini. Cet inventeur, bien connu par le fusil qui porte son nom, a imaginé une nouvelle machine à broder très intéressante dont je vais vous dire quelques mots.

Les anciennes machines, appelées quelquefois machines allemandes, bien à tort, car c'est un Français, un Mulhousois, Heilmann, qui inventa la première en 1827, sont munies d'aiguilles passant alternativement en avant et en arrière du tissu. Dans ces machines, chaque aiguille porte de 0m,80 à 1 mètre de fil. On obtient avec elles 6 points par minute. Le fil très court de ces aiguilles a besoin d'un fréquent renouvellement, ce qui occasionne autant d'arrêts fort incommodes. On a alors imaginé les machines dites à fil continu, dans lesquelles se trouve pour chaque aiguille une navette animée d'un mouvement rectiligne de va-et-vient. La navette porte une canette avec 14 mètres de fil. Ces machines peuvent être animées d'une plus grande vitesse, et on arrive à 26 points par minute. La maison Rieter expose une fort belle machine de ce type.

Celle de M. Martini est caractérisée par ce que le mouvement alternatif rectiligne de va-et-vient des navettes est remplacé par un mouvement alternatif de rotation dans un sens et dans l'autre. Les navettes alors, au lieu d'être allongées, sont circulaires, ainsi que les canettes qu'elles contiennent.

Cette ingénieuse modification donne des mouvements moins étendus aux navettes et diminue les chocs, ce qui permet une marche beaucoup plus rapide : on obtient ainsi 48 points par minute au lieu de 26. Enfin, les canettes peuvent contenir beaucoup plus de fil (60 mètres au lieu de 14); leurs remplacements pour un même travail, lorsqu'elles sont vides, sont donc beaucoup moins nombreux. Un autre avantage consiste en ce que si l'on vient à arrêter la machine, le pantographe est en même temps solidement serré entre deux moises, ce qui le rend complètement immobile. L'ennui d'un dérangement du pantographe pendant l'arrêt de l'appareil est ainsi évité. Cette machine est armée de 200 navettes.

L'importance de ces machines sera rendue plus sensible en rappelant que la broderie occupe en Suisse 45,000 personnes, que la production atteint 80 millions par an, et que 15,000 machines de différents systèmes y travaillent journellement. Cela représente environ 4 millions d'aiguilles en mouvement.

La maison Martini expose encore un petit moteur à gaz très soigné et les dessins d'un nouveau moteur à gaz n'ayant pas encore été construit.

Enfin, une machine à plier à deux margeurs pour les ouvrages, les journaux, etc..., et une autre machine à relier très intéressante, la feuille s'y trouve pliée, des entailles y sont pratiquées pour le passage des ficelles qui sont ensuite posées par la machine et coupées par elle à environ 2 centimètres du cahier ainsi formé. Ce dernier est comprimé entre des

cylindres avant de sortir de l'appareil. Le relieur n'a plus alors qu'à réunir les cahiers, passer les ficelles par les grecques et coller les bouts au dos.

A côté de la maison Martini, se trouve la remarquable exposition de MM. Escher, Wysset et Cie, dont le fondateur, G. Escher, introduisit en Suisse, au commencement du siècle, la construction mécanique scientifique. Cette maison expose une fort belle machine Compound, de 90 chevaux, fournissant la force motrice à une partie de la galerie des machines. C'est le plus puissant des engins en mouvement à l'exposition. Puis une fort belle machine à papier. La partie humide n'offre rien de particulier, mais la partie sèche présente un groupement nouveau et heureux des cylindres sécheurs trois par trois. Il y a trois de ces groupes. Cette disposition permet de n'employer, suivant le travail à faire, que deux groupes de cylindres ou même un seul, sans rien démonter.

On pourrait également ajouter un nouveau groupe de cylindres, en se le procurant, sans avoir autre chose à faire qu'à reculer la satineuse, le matrisseur, la coupeuse et l'enrouleuse. Le bâti de fondation rend cette transformation facile par sa construction bien comprise; il s'étend d'une manière continue sous toute la machine, et, dans le cas éventuel d'une transformation par adjonction de cylindres sécheurs, il suffirait, après avoir reculé les appareils dont j'ai parlé, de relier les deux portions du bâti par de nouvelles pièces en fonte semblables aux autres et d'y établir les nouveaux cylindres.

Cette importante maison expose encore une machine à couper le papier d'équerre ou suivant des angles variant de 0° à 45°; une enrouleuse très soignée, un régulateur de vitesse pour turbine; le modèle du treuil qu'elle a établi sur le lac Lucerne pour sortir les bateaux de l'eau; une machine à vapeur pour bateaux, etc.

Signalons ensuite les belles machines perforatrices employées au Gothard (système Ferroux) de MM. Roy et Cie, de Vevey, qui exposent une installation complète de ces machines, comprenant une roue turbine Girard de 30 chevaux actionnant deux compresseurs d'air à grande vitesse, système Roy, et un affût portant deux perforatrices. Puis un beau marteau à battre le cuir imaginé par M. Roy.

A côté se trouvent les perforatrices du système Brandt employées pour le percement du tunnel d'Arlberg, exposée par la maison Sulzer, qui a plus loin une belle machine à vapeur de 100 chevaux.

La maison Schmid expose ses belles pompes et ses moteurs hydrauliques bien connus, d'élégants petits marteaux pilons avec ressort à air et un régulateur à boules pour turbine.

Signalons encore :

L'exposition Socin et Wick, de Bâle, avec de belles turbines et une machine à vapeur à soupapes.

L'envoi de la société suisse pour la construction des machines, qui a envoyé de belles turbines essoreuses, plusieurs machines agricoles et deux locomotives pour tramways.

Les beaux véhicules de chemin de fer construits par la société industrielle Suisse pour la compagnie de l'Est à Paris.

L'exposition de M. Raoul Pictet, où nous voyons une machine électrique Edison actionner une machine à glace, la machine électrique génératrice étant située à 300 mètres dans le parc.

La maison Burkhard et Cie, de Bâle, qui a envoyé une belle machine à vapeur à soupape système Collmann, des pompes à vide et à compression, une machine à laver la soie fort intéressante.

La maison Berchtold, de Thalweil, qui a de belles machines à lustrer et à laver la soie.

La maison Rieter, une des plus anciennes de la Suisse, qui a une exposition remarquable; elle a envoyé de belles machines pour filatures et une machine à broder dont j'ai déjà parlé.

La maison Th. Bell et Cie, de Kriens, qui expose une machine à papier, plus finie, plus d'exposition peut-être que la machine de MM. Escher Wyss, mais qui ne présente pas les mêmes avantages.

La maison Ulmann de Zurich expose un ingénieux régulateur à boules pour turbines et roues hydrauliques, un autre régulateur de détente pour machines à vapeur et des joints pour machines faits d'un morceau de carton entouré d'une feuille de plomb. Ces joints peuvent, d'après M. Ulmann, servir pendant fort longtemps, il suffit pour les réemployer de les immerger vingt-quatre heures dans l'huile de lin. Si la pratique sanctionne ces avantages, ces joints rendront certainement des services.

La maison Jäcklin de Bâle, expose une intéressante machine à faire les tuyaux en tôle pour la fumisterie.

Enfin, deux belles expositions de machines dynamo-électriques, celle de MM. Meuron et Cuenod, de Genève (machines système Thury), et celle de M. Burgin, de Bâle, électricien bien connu.

Messieurs, je suis obligé de m'arrêter ici pour les machines, je passe volontairement bien des choses, et certes bien d'autres aussi que je n'ai pu voir au milieu de cette grande quantité d'appareils si intéressants et si variés.

Les noms que j'ai cités, ont pour la plupart joué un rôle économique considérable en Suisse; aussi, affirment-ils mieux que je ne le pourrais faire, l'intérêt de cette exposition.

Les industries chimiques sont bien représentées à l'exposition et cependant, il faut le reconnaître, la Suisse est aux prises avec des grandes difficultés relativement à ces industries; elle ne possède guère qu'une matière première : le sel, et encore en quantité si limitée que la production de Bex suffit à peine à la consommation ordinaire. Aussi la grande industrie chimique (fabrication de la soude et des produits collatéraux) n'est-elle représentée en Suisse que par une seule maison du canton de Zurich; les pyrites employées viennent de Lyon.

L'industrie des matières colorantes organiques, obligée d'importer également ses matières premières, l'aniline, la benzine, l'anthracène, le brome,

l'iode, les alcools, etc., est cependant des plus florissantes en Suisse, ainsi que l'atteste l'exposition fort remarquable des maisons Monet et Cie, à La Plaine, Freund, Geigy, Durand et Hugenin, toutes trois de Bâle, qui se sont groupées pour la constituer. Malheureusement ces fabrications sont entourées de mystères et les producteurs n'exposent absolument que leurs produits.

Avant de retraverser la Sihl pour revenir à la Platz-Promenade, je vous signalerai, dans le jardin, l'intéressante exposition de la Société des propriétaires de générateurs de vapeur qui expose pour une collection de chaudières détériorées en indiquant la cause de chaque détériorotion.

Cette Société, fondée en 1869 avec 115 membres possédant 211 chaudières, compte aujourd'hui plus de 1,100 membres avec plus de 1,850 chaudières; 1,228 de ces chaudières ont été fournies par les ateliers suisses, 1,450 existent depuis vingt-cinq ans au moins, une depuis cinquante ans.

A côté de ces chaudières hors de service se trouvent celles qui produisent la vapeur utilisée dans le Maschinen-Halle.

La maison Sulzer a là une chaudière du type Cornwall, en tôle ondulée, surmontée de deux réchauffeurs ayant au total 77 mètres de surface de chauffe, elle est munie du chariot de Strupler pour répartir régulièrement et mécaniquement le combustible sur la grille.

Dans le même bâtiment se trouvent deux autres chaudières l'une de la maison Th. Bell, de Kriens, l'autre de la maison Socin et Wick de Bâle. Ces deux chaudières sont à bouilleurs avec foyers de l'ingénieur schaffousois Ten Brink. Une quatrième chaudière tubulaire est exposée par la Société suisse de Winterthur.

Dans ce jardin signalons encore, des modèles d'égouts, des wagons pour le transport des blessés envoyés par le comité de la Croix rouge de Genève, une exposition intéressante de matériel de petit chemin de fer, etc., etc.

Nous voici revenus à la Platz-Promenade. Dans le jardin deux bâtiments surtout attireront notre attention :

L'élégant pavillon de la céramique rempli de produits intéressants parmi lesquels je citerai les briques en agglomérés de mâchefer exposées par M. Jacob Ernest de Aarau, les tuiles émaillées de la Thonwarenfabrik d'Allschwil, près Bâle, les briques en ciment de MM. Ruge et Cie, d'Altstetten qui, malgré leur nature sont exposées ici, et enfin les énormes poêles suisses d'une originalité qui, certes, ne manque ni de caractère ni d'élégance de MM. Bodmer et Biber. Ces poêles ont leur place marquée en Suisse dans les maisons les plus confortables.

Puis le rustique pavillon des forêts renfermant une remarquable collection de bois et des indications intéressantes sur l'exploitation difficile des forêts suisses.

Enfin, Messieurs, pour terminer, pénétrons pendant quelques instants dans le palais de l'Industrie dont je vous ai entretenus tout à l'heure au point de vue de sa construction. Nous y remarquerons une belle exposition d'instruments de précision. La maison Hottinger a, en particulier, de

remarquables vitrines dans lesquelles plusieurs appareils sont intéressants pour nous.

Voici d'abord des baromètres anéroïdes, système Vidi, d'une construction particulière à la maison et comportant une exactitude dont ces instruments ne sont pas susceptibles d'ordinaire. La lecture s'y effectue d'une manière ingénieuse en tournant une vis qui vient au contact d'un levier mû par la boîte à vide. La vis devant toucher le levier sans le presser, on est averti de la réalisation de cette condition, par un faible ressort portant à son extrémité un léger renflement marqué d'un trait, qui doit venir se placer dans le prolongement d'un trait semblable tracé à l'extrémité du levier. Cette position est vérifiée facilement à l'aide d'une petite lentille fixée à l'appareil. Le trait horizontal marqué sur le levier se déplace à côté d'une échelle verticale sur laquelle on lit les centimètres de la hauteur cherchée, correspondants aux tours entiers de la vis. Les millimètres sont lus sur une échelle circulaire tracée sur la paroi cylindrique de la boîte de l'instrument. A cet effet, la tête de la vis est munie d'un large plateau à rebords, formant couvercle et portant un index. Si par exemple la première lecture a montré que le trait du levier est placé entre les divisions 76 et 77 de l'échelle verticale et que l'index de la tête de la vis marque 5,2 la hauteur barométrique sera $765^{m}/_{m},2$. Avec cet appareil et un des baromètres enregistreurs du même constructeur il est facile d'effectuer des nivellements très rigoureux. Plus de 400 kilomètres de chemin de fer ont été exécutés d'après les études faites avec ces instruments. M. Hottinger expose encore d'ingénieux appareils pour évaluer l'élasticité des laines, le degré de torsion d'un fil et la résistance à la rupture des tissus et des cuirs. Enfin, Messieurs, avant de quitter cette attachante exposition, je ne puis m'empêcher de vous parler encore de l'admirable exposition d'horlogerie et de vous signaler en particulier une vitrine remarquable, celle de M. J. Jurgensen du Locle.

La belle collection de modèles qui s'y trouvent réunis est incomparable. Les chronographes sont particulièrement intéressants pour nous, en voici un du modèle créé par M. Jurgensen pour M. le colonel Perier et que ce savant utilisa pour ses remarquables travaux géodésiques en Algérie. Ce superbe outil est à deux aiguilles indépendantes et est muni d'une fermeture particulière pour le préserver des poussières si abondantes dans le Sahara.

Je citerai encore la maison Patek, Philippe et Cie, une des plus fortes de Genève qui a aussi des pièces d'horlogerie de précision intéressantes, et, dans l'horlogerie à bon marché, la maison Ernest Francillon de Saint-Imier, qui fabrique mécaniquement des montres dont toutes les pièces sont interchangeables; c'est le procédé américain appliqué en Suisse sur une grande échelle également.

Messieurs, vous avez pu apprécier, malgré les lacunes de cet exposé, l'intérêt que présente pour nous comme ingénieurs cette exposition. Mais il y a un autre point de vue auquel nous pouvons nous placer et qui, j'en suis certain, ne vous trouvera pas indifférents.

La France est certainement l'État qui entretient avec la Suisse les relations commerciales les plus étendues; eh bien, c'est justement en France que la publicité pour l'exposition de Zurich a été la plus restreinte. C'est à peine si nous avons pu voir une fois à la 4e page d'un journal deux ou trois lignes consacrées à cette exposition.

En voici, je crois, la raison; le comité central s'est adressé pour la publicité à l'agence dont les conditions lui ont paru les meilleures; cette adjudication, comme bien d'autres, sous des apparences avantageuses, était loin de l'être. L'agence qui est allemande a sans doute jugé qu'il n'était pas nécessaire d'aider à l'extension des relations si amicales qui ont toujours unis notre pays à la Suisse et qu'il valait mieux reporter à la publicité allemande les fonds destinés à la publicité française. Le comité s'est aperçu trop tard de son erreur.

On ne voit pas assez de Français à Zurich, notre indifférence toute apparente risquerait de masquer le si grand intérêt que nous prenons à tout ce qui se fait de bien dans cette petite contrée, si grande par le cœur, et qui nous a plus d'une fois témoigné sa sympathie.

Aussi je souhaite, Messieurs, pour terminer, que beaucoup d'entre nous se rendent à Zurich, et contribuent ainsi en faisant une étude profitable, à augmenter, à resserrer, les nombreux liens d'amitiés des deux pays.

Enfin, Messieurs, je dois remercier ici M. le colonel Vögeli, président du comité; M. le major Zuen, directeur de l'exposition; M. Jegher, secrétaire général; M. Blavier, ingénieur en chef qui ont beaucoup facilité mes visites. Et tout particulièrement aussi MM. Santer et Villard, ainsi que M. Koller qui ont été de la plus grande obligeance pour moi.

Ces messieurs, au nom du comité central de l'exposition m'ont témoigné le plaisir qu'ils auraient à recevoir une délégation de notre Société.

Je vous réitère donc l'engagement que je vous donnais tout à l'heure de vous grouper; profitez de cette circonstance pour faire un charmant voyage. L'accueil qui vous attend, Messieurs, sera digne de vous, soyez en certains.

M. le Président remercie M. Parisse de tout ce qu'il nous a dit sur l'exposition de Zurich, que nous ne connaissions pas. En effet, il y a quelque temps, M. Mallet aussi nous a écrit qu'il allait voir l'exposition de Zurich, et c'est la première fois que nous avons appris son existence.

Nous profiterons de cette circonstance, et si un certain nombre de membres de la Société se proposaient d'aller à Zurich, je les prierai d'en informer le bureau.

Nous avons, cette année, plusieurs expositions : Amsterdam, Zurich et Vienne, dans quelque temps nous aurons Nice; il n'est pas facile d'envoyer des délégations à toutes ces expositions.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le Métropolitain.

M. Richard. Puisque j'ai eu la témérité, dans la dernière séance, de me dénoncer devant vous comme un de ceux qui ne sont pas partisans du

Métropolitain souterrain, je vous demanderai la permission de vous exposer brièvement les motifs qui m'ont amené à cette opinion; et, quand vous m'aurez entendu, vous jugerez si je dois enterrer dans l'oubli la parole que j'ai dite devant vous. Je n'ai pas demandé à prendre la parole au commencement de la discussion parce que mon opinion était négative, et qu'il n'était guère logique d'engager une question par une opinion négative. Ce qui est rationnel, quand on veut étudier une question, c'est de laisser la discussion s'ouvrir et se développer, c'est d'écouter toutes les opinions qui peuvent se produire, et de chercher, par la comparaison et l'étude de ces opinions, si l'on a mis la raison et la vérité de son côté en se séparant des opinions produites. J'ai suivi ce procédé, Messieurs. J'ai entendu exposer devant vous des opinions diverses, mais qui tendraient toutes, en réservant les questions techniques d'exploitation, à donner raison à la construction d'un Métropolitain souterrain. Aucune de ces opinions ni aucun des projets présentés n'a détruit mes convictions.

Je veux donc tâcher de faire entrer dans vos esprits, parce que je crois être dans la vérité, cette opinion contraire à celle qui paraît réunir les suffrages, à savoir que le Métropolitain de Paris, tel qu'il est conçu jusqu'à présent, a trois défauts capitaux qui doivent le faire proscrire.

Je voudrais vous prouver que les projets actuels constituent une opération *mauvaise* au point de vue financier, *dangereuse* au point de vue des travaux à exécuter et de la sécurité publique, *inutile* au point de vue des commodités de la circulation de la ville de Paris, en ce sens qu'il peut être avantageusement remplacé par d'autres opérations de voierie et la création d'autres moyens de transport.

En premier lieu : *c'est une mauvaise opération financière;* je crois que je n'ai pas beaucoup d'efforts à faire pour vous le démontrer, attendu qu'il est prouvé, par toutes les estimations qui ont été faites, que la construction sera excessivement coûteuse. On a parlé de 4 millions le kilomètre; or, si je reporte mon esprit sur ce fait que le Métropolitain de Londres a coûté plus de 11 millions le kilomètre, je suis conduit à craindre que le Métropolitain de Paris ne soit pas estimé assez cher à 4 millions, car il pénétrera, bien plus que celui de Londres, dans le cœur de la ville, et rencontrera beaucoup plus de difficultés souterraines que n'en a rencontré celui de Londres.

Si, d'autre part, je remarque que bien que, par le fait des mœurs, des habitudes, des distances à parcourir, le Métropolitain de Londres est dans des conditions de développement de trafic bien plus favorables que ne le serait un Métropolitain à Paris, si je remarque, dis-je, que les documents officiels établissent que les capitaux engagés dans le Métropolitain de Londres sont très insuffisamment rémunérés, alors je suis autorisé à dire que le Métropolitain parisien souterrain sera une mauvaise opération au point de vue financier.

Je me trouve d'ailleurs, sur ce point, d'accord avec M. Huet, inspecteur général des ponts et chaussées qui, en 1877, étant inspecteur des travaux

de Paris, écrivait (page 108) dans son rapport en date du 17 mai 1877, rédigé au nom de la commission, composée des hommes les plus honorables et les plus compétents, envoyés à Londres par la ville de Paris pour examiner et rechercher les conditions de la construction et de l'exploitation des chemins de fer Métropolitains de cette grande ville, qui écrivait, dis-je :

« Toutefois, après l'examen que nous avons fait de la situation financière des deux principales Compagnies de chemins de fer Métropolitains de la ville de Londres, nous n'admettons pas que des chemins de fer Métropolitains soient jamais, à Paris, une affaire avantageuse par elle-même, et qu'une compagnie sérieuse puisse s'en charger sans subvention ni garantie d'intérêts. »

Je rappelle ce dire, Messieurs, parce que je pense qu'il est utile qu'il soit rappelé devant la Société des Ingénieurs civils, où toutes les questions importantes, discutées avec autorité, prennent un juste retentissement et une notoriété qui est la conséquence de la notoriété considérable que notre Société s'est acquise elle-même dans le monde des affaires.

Je répéterai donc ce que vous disait aussi, il y a quelque temps dans cette enceinte, un de nos collègues, M. du Lin : « Les aléas qui s'attachent à cette entreprise doivent empêcher aussi bien une compagnie sérieuse de s'en charger, que le public de lui porter son argent. »

Je maintiens donc, le premier point comme acquis : l'opération est mauvaise au point de vue financier, et l'on doit se mettre en garde contre toute tentative qui pourrait être faite pour attirer le public dans ses lacets. Les charges ne peuvent en être supportées que par l'État et la ville de Paris, si elle arrive à réalisation.

En ce qui concerne le second point, l'*entreprise est dangereuse au point de vue des travaux et de la sécurité publique*, je voudrais aussi vous faire partager ma conviction sur ce point; je vais au moins essayer de la défendre devant vous par quelques réflexions principales.

Il y a très peu de similitude entre Paris et Londres, et les capitales de l'étranger, et je crains bien que nous ne soyons un peu entraînés, comme cela nous arrive trop souvent par imitation, à faire un Métropolitain souterrain à Paris, parce qu'il y en a un à Londres, ou dans une autre grande capitale.

La construction d'un Métropolitain, à Paris, ne se trouve pas du tout dans les mêmes conditions qu'à Londres. Vous connaissez Londres, vous savez quelle est l'étendue de son périmètre, et par conséquent, vous n'êtes pas étonnés que les chemins de fer métropolitains à Londres aient pu éviter, dans leur établissement, une foule des difficultés souterraines qui s'accumuleront à chaque mètre au milieu de l'agglomération parisienne si compacte et si serrée.

Vous savez aussi que les maisons à Londres ne sont pas élevées, tandis qu'à Paris elles atteignent une hauteur de 20 mètres, qui peut devenir très dangereuse, si elles sont perpétuellement secouées par le passage

incessant (toutes les trois minutes) de trains de chemins de fer au voisinage de leurs fondations et de leurs caves. Il suffit, pour avoir une idée de ce danger, ou tout au moins de la gêne insupportable qui résulterait de ces trépidations, de se rappeler les secousses que produit jusqu'au cinquième étage, même dans une maison en pierre de taille bien construite, le passage dans la rue d'un lourd camion.

Il est certain qu'il y aurait là une cause de danger et de gêne intolérable pour les propriétaires et les locataires.

Je signalerai une autre cause de danger pour la construction d'un Métropolitain souterrain dans Paris, et pour son exploitation.

C'est l'inondation, soit qu'elle vienne des eaux souterraines que l'on a rencontrées dans les fondations de l'Opéra et de toutes les maisons de la rive droite, surtout dans la Chaussée-d'Antin, soit qu'elles viennent des crues de la Seine. Vous vous rappelez tous, Messieurs, ces faits que je vous signale; on rencontrera certainement, à la profondeur où devra être descendu le Métropolitain de Paris pour éviter égouts, conduites d'eau et de gaz, etc., ces nappes d'eau souterraines, qui sur la rive droite de la Seine rappellent l'existence et le cours du ruisseau de Ménilmontant que l'on retrouve sur les vieux plans de Paris, et dans l'Histoire de Paris, de Dulaure.

Et l'on aura à redouter les crues de la Seine, qui, sur la rive gauche, inondent, chaque hiver, les caves de ses maisons.

En présence de tels aléas, je ne puis pas m'empêcher de dire que la construction d'un Métropolitain souterrain, à Paris, serait une opération dangereuse pour la sécurité publique et pour l'exécution des travaux, comme pour son exploitation.

Sur le troisième point, à savoir que *l'opération est inutile et peut être avantageusement remplacée par d'autres opérations de voirie et la création d'autres moyens de transport*, je crois avoir également à vous présenter des arguments décisifs.

Vous savez, Messieurs, combien, en raison de l'étendue de la ville de Londres, sont grandes les courses pour venir des divers points de ce périmètre au centre de la ville.

Vous savez que les constructions à Londres, ne sont pas agglomérées. Vous savez quelles sont les habitudes et les mœurs des Anglais.

Toutes ces conditions d'existence sont-elles les mêmes pour les Parisiens?

Voilà les principales questions qu'il faut encore se poser avant de décider la solution du problème si important qui nous occupe.

Or, le succès et le développement des chemins de fer métropolitains à Londres, ont été dus principalement, dit M. l'inspecteur général Huet, dans le rapport précité :

1° A la grande étendue de ville de Londres et par suite à l'éloignement des différents points de cette vaste métropole;

2° A l'humidité de son climat;

3° Aux habitudes et à l'activité d'une population qui réside loin de ses affaires.

Ces conditions sont-elles réunies à Paris ?

Non, et je vais le prouver.

D'après des chiffres puisés à des sources officielles, et déjà cités ici par M. du Lin, la ville de Londres a une superficie de 350 kilomètres carrés; la population est de 3,243,000 habitants, soit 9,265 habitants par kilomètre carré.

La ville de Paris a une surface de 80 kilomètres carrés seulement, pour une population de 2,156,000 habitants, soit 27,000 habitants par kilomètre carré.

Que veut dire la comparaison des chiffres pour les deux capitales ?

Elle veut dire, qu'à Londres, la population n'est pas agglomérée, que l'habitant a de grandes distances à parcourir pour aller de son habitation à un centre quelconque d'affaire ou de plaisir, et qu'il lui faut par conséquent de nombreux et rapides moyens de transport à grande distance. Et qu'à Paris, au contraire, le Parisien nait, demeure, travaille et vit sur le lieu même de ses occupations ; que la population est dense, dans les quartiers commerçants surtout (tel est le fait de toutes les industries qu'on appelle l'article de Paris et qui occupent, du haut au bas, les maisons des deux tiers de la rive droite de la Seine) ; que cette population, par suite de son existence au centre de ses affaires, n'a pas besoin de moyens de transport rapides et à grande distance. Je parle ici des besoins pour les jours de semaine; car, les dimanches et fêtes, les conditions d'existence de Paris sont tout à fait renversées : le centre de la ville est presque désert, et la population presque entière se porte au dehors. Mais c'est pour les jours de semaine surtout qu'il faut prévoir les meilleures conditions de circulation dans Paris.

Mais on répète partout, la ville est encombrée, elle est même malsaine par suite de l'agglomération de ses habitants. Est-ce exact ? La circulation est-elle réellement encombrée et dangereuse dans la ville ?

Oui, mais seulement sur certains points et seulement à certaines heures de la journée.

Et les points d'encombrement sont-ils assez nombreux et assez dangereux, le temps pendant lequel durent chaque jour de semaine cette gêne et ce danger, est-il assez long pour nécessiter la création de chemins de fer souterrains qui coûteront des millions et des millions; c'est ce que nous nous permettons de mettre en doute : qu'on nous cite en effet, en dehors de la traversée des boulevards et du Faubourg-Montmartre, qui est encombrée de midi à 7 heures du soir; des rues avoisinants les Halles qui sont encombrées jusqu'à 10 heures du matin; de la traversée des boulevards et du boulevard Sébastopol, qui est encombrée de midi à 7 heures du soir; de la rue Richelieu qui est encombrée presque du matin à 7 heures du soir.

Qu'on me cite d'autres points de Paris qui soient *dangereusement* encombrés, je n'en vois pas.

Est-il vrai encore, comme on ajoute, que la mortalité soit plus grande dans l'agglomération parisienne? Je ne le pense pas; la salubrité de Paris est établie par les statistiques et généralement reconnue; mais en tout cas, les moyens à employer pour l'obtenir sont autres que la construction d'un Métropolitain souterrain, et tiennent à des opérations de voirie bien comprises qui jetteront partout l'air et la lumière, et à la profusion de l'eau saine et fraîche, dans toutes les maisons, qui est réclamée à grands cris sur tous les points de la capitale.

Voilà des opérations qui profiteront à tout le monde et de l'argent bien dépensé qui sera béni par tout le monde.

En ce qui concerne, Messieurs, l'humidité du climat de Londres, invoquée comme une cause de succès des Métropolitains, nous avons l'avantage de ne pouvoir l'accepter pour Paris.

En effet, que fait à l'habitant de Londres, d'être sous terre, au milieu de la vapeur, de la fumée, de l'obscurité; il est dans les mêmes conditions sur terre.

Mais, prenez le Parisien qui aime le jour, le soleil, la gaieté, la couleur autour de lui, et proposez-lui de le déranger de son chemin pour aller chercher, dans l'ombre, un moyen de transport qui sera un sépulcre anticipé, il refusera et préférera au besoin l'impériale d'un omnibus. Et j'estime sérieusement que le Parisien se servira peu ou point du Métropolitain souterrain parce qu'il ne donnera satisfaction ni aux besoins de ses affaires, ni à ses goûts.

Mais enfin, me dira-t-on, il faut cependant faire quelque chose; car il ne s'agit pas seulement de désencombrer la voie publique sur certains points il s'agit surtout de donner de l'air et du soleil à la population ouvrière, et de mettre à sa disposition les moyens de transport qui lui permettront de gagner facilement et à bon marché les habitations où elle trouvera la santé avec ces bienfaits nécessaires d'air et de lumière.

Je réponds, que manque-t-il donc pour obtenir ces résultats si désirables? Pour désencombrer certains points de Paris, bien rapprochés les uns des autres, qui seront toujours mouvementés par l'activité des affaires, il manque l'espace libre. Il faut donc créer cet espace pour rendre la circulation sans dangers pour les piétons et facile pour les voitures, comme on la crée depuis 30 ans, en faisant des places larges où elles sont nécessaires, en faisant de larges carrefours là où ils sont trop petits, en faisant de nouvelles rues dirigées suivant les courants de la circulation, en établissant des refuges, etc., etc. L'opération n'est pas si mauvaise; elle a déjà réussi à l'État, à la ville de Paris surtout et aux habitants dont beaucoup se sont enrichis à ce genre de travaux; et l'on peut assurer que les millions dépensés de la sorte seraient des millions productifs qui ne feraient courir de danger à personne et qui ne causeraient pas plus de troubles dans les installations commerciales que n'en ont causé les opérations qui ont ou-

vert nos grandes voies aujourd'hui hantées par le commerce, du haut au bas de leurs maisons.

Ces opérations faites, aurait-on donné toute satisfaction à la population de Paris? Non, car il faut encore lui faciliter les moyens de transport du centre de la ville aux extrémités, et réciproquement.

Aussi, c'est en indiquant les moyens d'arriver à ce résultat si désirable que je complèterai l'exposé de ma pensée, à savoir que le Métropolitain souterrain à Paris n'est pas utile et qu'il n'est pas non plus nécessaire, parce qu'il peut être remplacé avantageusement par d'autres moyens de transport.

En effet, ces moyens de transport sont déjà presque établis; car, si l'on faisait du chemin de fer de ceinture un véritable chemin de fer de banlieue, qui aurait des stations nombreuses des trains, sur tout son circuit, non pas toutes les 30 minutes, mais toutes les 5 ou 10 minutes, surtout à certaines périodes de la journée, favorables au départ et à la rentrée des ouvriers, comme cela se fait sur le Métropolitain de Londres, on trouverait la place, dans le mouvement des trains de chaque jour, pour satisfaire largement un grand trafic de voyageurs et de marchandises.

Si, de plus, on s'adressait aux grandes compagnies de chemins de fer pour obtenir que leurs rails fussent prolongés aussi loin que possible dans Paris, à l'exemple de ce qui s'est fait en Angleterre, afin que les voyageurs puissent trouver un point d'embarquement le plus près possible du centre de leurs affaires ou de leurs habitations; si, enfin, l'on combinait des lignes multipliées d'omnibus, de tramways, de lignes de fer aériennes même, qui mettraient en rapport facile et aussi direct que possible toutes les gares dans Paris et celles de la Ceinture, je pense qu'on arriverait à satisfaire tous les besoins et les goûts de la population parisienne.

Il est certain, qu'en ce qui concerne les grandes compagnies, les travaux à faire pour les prolongements demandés ne rencontreraient pas les difficultés redoutées à juste titre pour le Métropolitain souterrain. Car il y a trois gares, Orléans, P.-L.-M. et Vincennes, voisines l'une de l'autre, déjà réunies par le chemin de Ceinture, qui pourraient être réunies plus directement, et une voie partant de la gare de Vincennes pourrait facilement être prolongée sur arcades, par le boulevard Richard-Lenoir jusqu'à la place de la République, et de là suivre une voie transversale, qui affecterait à peu près le tracé indiqué dans nos séances par M. l'ingénieur Haag, pour se relier à la gare de l'Ouest (Saint-Lazare) dont le niveau permettrait ce raccordement facile au-dessus des rues sans gêner la circulation.

Sur cette voie seraient établies des stations ou plutôt des haltes qui ne prendraient que des voyageurs. Cette voie transversale me paraît suffisante, mais si les besoins exigeaient que les gares de l'Est, du Nord et celles de Montparnasse et de Sceaux fussent réunies à la voie transversale, le meilleur tracé à suivre serait, à mon avis à peu près celui indiqué par M. Haag qui ne sort pas des conditions d'exécution d'une ligne ordinaire.

Je ne disconviens pas que les prolongements de voie que je recommande seront très dispendieux; mais d'abord il est bien entendu qu'ils ne peuvent être à la charge de nos grandes Compagnies, et qu'ils devront être payés et garantis par la ville et l'État; et ensuite je mets en fait que ces dépenses, qui ne donneront lieu à aucun aléa ni à aucun danger, seront de beaucoup inférieures à celles que nécessitera tout Métropolitain souterrain. Au moins on verra ce que l'on fait.

Je crois, Messieurs, avoir établi, par ces considérations diverses, le troisième point que je voulais démontrer. Et je reste convaincu qu'entreprendre la construction et l'exploitation d'un chemin de fer souterrain à Paris est une opération mauvaise, dangereuse, inutile et pouvant être avantageusement remplacée par d'autres combinaisons de travaux.

Est-ce à dire qu'il n'y a rien à faire? je ne l'ai jamais prétendu; il y a toujours à faire dans une ville comme Paris pour y rendre le séjour facile, économique, sain, commode et confortable pour le plus grand nombre, en même temps que plein du luxe et de l'élégance, réservés à la richesse, mais dont jouissent tous les yeux et tous les esprits intelligents.

Je serai donc toujours parmi ceux qui demanderont que l'on dépense des millions pour la ville de Paris; mais de même qu'il y a des dépenses qu'il faut faire, il y en a qu'il faut fuir, et je dirai, comme nous le disait notre collègue M. de Comberousse à notre dernière séance qu'il présidait, à propos du projet d'une mer intérieure en Algérie : « apprenons enfin à ne pas aller à l'étranger ou chez nous même, porter notre argent à des entreprises mort-nées ou sans profits pour le bien public et sachons le dépenser pour le bonheur et la gloire de notre chère France. » Je ne puis mieux terminer que par ce sage conseil.

M. Lavezzari insiste sur les trépidations causées par le passage des trains dans les souterrains et leurs inconvénients pour les constructions supérieures. D'après les faits qu'il signale, et qui se rapportent à des tunnels construits à Paris, il pense qu'on ne pourrait admettre que sur plusieurs kilomètres, deux rangées de maisons bordant le Métropolitain puissent être exposées à ces inconvénients.

M. le Président. Il y a une chose qui semble donner raison à l'opinion émise par M. Richard : depuis 1872, les projets de Métropolitain sont restés à peu près ce qu'ils étaient à cette époque, ce qui indique qu'il y a de grandes hésitations dans l'administration. Nous ne sommes pas habitués à voir les questions traîner si longtemps. Je crois qu'il y a dans l'esprit de tout le monde des hésitations et des craintes de la nature de celles que M. Richard vient de manifester.

M. Richard. Il faut que nous sachions où nous allons et ce que nous ferons. Il ne faut pas se jeter, inconsidérément aujourd'hui, dans ce sous-

sol dangereux de Paris, qu'il faudra creuser profondément. Je crois que la question mérite une sérieuse attention. Il y a satisfaction à donner à l'habitant de Paris : il y a pour cela des moyens simples d'exécution rapide, que tout le monde pourra apprécier. Je crois que c'est comme cela qu'un projet doit être combiné; c'est avec cette marque-là qu'il sera utile à Paris.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Richard de sa communication.

M. LÉON FRANCQ donne lecture de sa note sur le chemin de fer Métropolitain de Paris, en réponse aux observations présentées par M. Mékarski dans la séance du 20 juillet 1883.

M. FRANCQ fait observer que la question du Métropolitain a été souvent examinée par la Société au point de vue de savoir si le chemin de fer projeté pour Paris doit être souterrain ou aérien.

Évidemment, tout le monde désire le chemin de fer aérien. La compagnie qui sollicite la concession manifeste elle-même cette préférence, puisque sur 45 kil. 6 que comporte son projet, il y a 19 kil. 3 en voies aériennes et 26 kil. 3 en voies souterraines.

Pourtant si la voie aérienne a ses avantages, elle n'est pas non plus sans inconvénients. Il est certain que le bruit métallique produit par la circulation des trains est désagréable pour les voisins et dangereuse pour la circulation publique. Au point de vue esthétique, la solution est mauvaise. Quant aux projections faites par les voyageurs du train sur la voie publique, on peut les empêcher en prenant, à Paris, des dispositions qui ont été négligées à New-York. On s'est préoccupé, à Vienne, de perfectionner, dans ce sens, le système de construction ; on a étudié le moyen pratique d'amortir le bruit de ferraille dont on se plaint en Amérique.

Si l'on admet la possibilité de faire disparaître les défauts justement reprochés au système aérien métallique, sans recourir pour cela à la construction lourde en maçonnerie, peut-on supposer qu'on puisse étendre partout la voie ferrée placée en l'air ?

Les partisans de ce système invoquent les exemples donnés par les projets et les constructions établis à l'étranger pour répondre affirmativement.

L'erreur paraît inévitable quand on compare des situations qui ne sont pas comparables. Les solutions varient selon les circonstances locales.

Par exemple, à Rotterdam, la place ne manquait point, la nature du sous-sol ne permettait pas de faire un tunnel : on a placé la voie en l'air. A Bruxelles, au contraire, le chemin de fer aérien de ceinture, qui s'étend depuis la gare de Luxembourg jusqu'à Schaerbeck, va être remplacé par une voie souterraine actuellement en construction.

A Vienne, l'espace ne fait point défaut; on fait tout pour atténuer les inconvénients constatés à New-York. Il ne doit y avoir, en réalité, aucun préjudice porté aux habitants, les voyageurs auront lieu d'être satisfaits, et les dépenses à faire pour exproprier ou pour indemniser peuvent être de peu d'importance. Si l'on considère, d'autre part, les motifs que M. Schaller a développés dans sa dernière communication, on s'explique pourquoi on s'est finalement rallié au système aérien. C'est ce qu'on a fait partout, où l'établissement de la voie aérienne n'est pas capable de troubler la population, la perspective des monuments (ménagée depuis longtemps par des sacrifices énormes d'argent), et la circulation publique ordinaire.

La voie aérienne paraît donc pouvoir être admise *a priori* quand on échappe à l'obligation d'exproprier ou d'acheter des terrains à un prix excessif, puis, quand la compagnie concessionnaire a la possibilité d'échapper aux indemnités que les tiers lésés auraient certainement le droit de réclamer, en vertu des lois en vigueur en France.

Mais à Paris, il y a des quartiers qui réclament plus impérieusement que d'autres l'établissement du chemin de fer Métropolitain. Ce sont précisément ceux-là au milieu desquels il serait ruineux d'établir la voie ferrée aérienne; c'est là, surtout, qu'il faut respecter l'aspect des monuments qui attirent tant de visiteurs étrangers.

Les dépenses énormes qui seraient à faire si l'on voulait y établir le chemin de fer en l'air, constitueraient à elles seules une impossibilité; elles atteindraient un chiffre bien supérieur à la dépense nécessitée par le système souterrain, quelles que soient les difficultés imprévues qu'on puisse rencontrer avec celui-ci. Il a donc fallu se résigner à adopter la voie souterraine partout où la voie aérienne ne peut être sérieusement établie.

On a réalisé un projet d'ensemble qui paraît concilier les exi-

gences du public, des habitants, de la circulation et les conditions financières au delà desquelles il serait dangereux d'aller, sans courir à un désastre.

Mais, dit-on, comment se fera l'exploitation du chemin de fer en souterrain? La question a beaucoup passionné le public et la presse; elle a été la source de vives discussions au Conseil municipal de Paris.

On a critiqué le système adopté pour les courbes et pour les rampes. On a montré des préoccupations sur la ventilation de la galerie souterraine, et l'on a beaucoup discuté sur le moyen de traction capable de ne pas troubler les conditions de l'air à respirer, sans exiger pourtant, des dépenses extraordinaires pour assurer, mécaniquement ou autrement, la ventilation du tunnel.

Les ingénieurs qui pratiquent depuis longtemps la machine ordinaire expriment assez facilement l'opinion que la locomotive à vapeur, à feu, est la seule qui puisse opérer la traction du Métropolitain, même en souterrain; quelques-uns disent même que puisque l'on enfume les voyageurs dans certains tunnels sans que ceux-ci expriment aucune plainte, on peut bien leur faire subir le même supplice dans la galerie souterraine du Métropolitain. C'est excessif comme raisonnement.

M. Mékarski soutient que la machine à air comprimé est la seule solution qui puisse convenir, bien que l'infériorité de cette machine soit évidente au point de vue de la dépense.

La traction par cable trouve aussi des défenseurs, bien que partout ou à peu près, la locomotive ait pris la place du câble sur les chemins de fer où celui-ci, au début, avait été jugé indispensable.

Enfin, il y a les partisans de la traction électrique. Parmi ceux-là, des personnes affirment que la traction par l'électricité réalisera, à part ses avantages propres, une économie considérable sur la machine à vapeur. On paraît oublier ici, que l'électricité, comme l'air comprimé, n'agit que comme force tirée de la puissance développée par la vapeur; ou bien, on néglige de faire concourir le rendement financier des moyens employés avec le rendement technique, qu'il s'agisse de la vapeur ou d'une force naturelle quelconque à utiliser.

La commission du Conseil municipal a examiné chacun des moteurs désignés ci-dessus sans se prononcer en faveur de l'un ou de l'autre. Tâchons de compléter son examen.

Au sujet des courbes et des rampes, on a beaucoup exagéré les difficultés et les dangers. Ainsi, la voie ferrée de Rueil à Marly est, en réalité, un chemin de fer à voie large sur lequel circulent des trains composés de la machine et de 4, 5 et 6 voitures. Voilà la sixième année que cette ligne fonctionne sans un accident, et pourtant, il y a des courbes qui ont 25 mètres de rayon et des rampes de 59 millièmes, qui s'étendent sur une grande longueur. Avec un contre-rail placé sur la file intérieure de la voie, au moyen de dispositions spécialement prises dans les attelages, on peut éviter tout danger de déraillement; on pourrait l'éviter mieux encore avec du matériel spécial sur le Métropolitain de Paris, avec des courbes de 150 mètres de rayon. N'y a-t-il pas, d'ailleurs, à Londres des courbes qui sont au rayon de 175 mètres entre *Edgware* et *Bishop's Road?* Même sur la ligne de *Saint John's Wood* on en trouve une de 121 mètres. Et cependant, le Métropolitain de Londres est exploité en toute sécurité et avec du matériel qui est certainement bien inférieur à celui qu'on crée de nos jours.

En ce qui concerne les déclivités, il faut remarquer qu'à Londres on a admis des pentes et rampes qui atteignent jusqu'à $0^m,025$ entre *King's Cross* et *Moorgate*, $0^m,0208$ près de la gare terminus du *Great Northern*, $0^m,026$ sur le raccordement du *London Chatham and Dover*. Si la ligne principale n'offre pas de déclivités supérieures à $0^m,0143$ c'est que la situation des lieux ne les réclamait pas. Avec des trains de voyageurs composés de 5 voitures de 12 mètres de longueur et marchant à une vitesse effective de plus de 40 kilomètres à l'heure, on aurait pu élever les déclivités à $0^m,020$ par mètre. C'est ce qu'on a fait pour Paris où il y a eu nécessité.

La variation du profil avec de fortes déclivités ne peut avoir d'inconvénients qu'au point de vue de l'irrégularité de la dépense de vapeur qui serait mal en rapport avec la production régulière de la chaudière d'une locomotive à feu. Cet inconvénient, aussi faible qu'il soit, ne se produirait pas avec une traction à machine fixe ou à puissance emmagasinée.

Sur la ligne de Rueil à Marly, on fait un service régulier sur une voie en rampe de 2 kilomètres environ, avec déclivité de 59 millimètres au sommet. Les machinistes connaissent bien vite la voie; ils conduisent leur train avec une grande sûreté. Il en serait de même sur le profil varié, mais à déclivité beaucoup moins importante, du Métropolitain. La tâche devient surtout facile quand les hommes attachés à la conduite

de la machine n'ont à s'occuper ni du foyer, ni du combustible, ni de l'alimentation.

Avec la suppression du feu, il est incontestable qu'on augmente considérablement la sécurité de la marche des trains.

Ce qui peut constituer un plus grand danger dans la marche des trains, qu'une courbe de faible rayon et des pentes de $0^{m},020$ c'est la présence dans la galerie souterraine des machines ordinaires, qui peuvent avoir pour effet de gêner l'observation de la voie et des signaux, et, ce qui est plus grave, de rejeter des gaz capables d'asphyxier les machinistes, entre les mains de qui la vie des voyageurs doit être livrée.

C'est un point sur lequel il convient d'appeler la plus sérieuse attention.

Voyons maintenant, si les machines ordinaires sont capables, ou non, de produire la mort par asphyxie.

Il n'y a pas de doute possible.

Pour le démontrer, il n'est pas nécessaire d'entrer dans la voie des calculs, qui sont toujours intéressants, mais qui, malgré le soin qu'on prenne à tenir compte des causes qui agissent dans le sens de la ventilation ou inversement, peuvent conduire à une conclusion fausse.

Il paraît préférable de passer en revue les faits que l'expérience nous a apportés.

Dans les souterrains d'une certaine longueur, et en forte rampe, l'emploi de la machine en queue, tout le monde le sait, donne lieu à des inconvénients sérieux. La position du mécanicien d'arrière devient très pénible; il est suffoqué rapidement si les machines patinent. Dans le souterrain d'Altier, près de Villefort, on a trouvé le mécanicien presque asphyxié.

Au Saint-Gothard, la marche des trains a été plusieurs fois compromise; les machinistes étaient à peu près asphyxiés, à tel point, que le département Suisse des chemins de fer s'est occupé, pour mettre ordre à cette grave situation, de l'emploi éventuel de machines à vapeur sans feu.

Dans les souterrains à grande section, comme ceux de Blaisy, de 4,100 mètres de long, le défaut de ventilation ne se fait pas gravement sentir, bien que le séjour y soit réellement peu agréable; mais il n'y a pas de fortes rampes, et la fréquence des trains en circulation n'est pas comparable à celle d'un chemin de fer Métropolitain, où les

trains se doivent succéder par intervalle de trois minutes. Ici le séjour deviendrait dangereux, quand là il est simplement désagréable. Ne serait-il que désagréable à Paris, que ça suffirait pour faire rejeter la machine ordinaire.

Si l'autorité supérieure, en effet, prend le soin de protéger le public contre la fumée et les inconvénients des machines à feu, quand celles-ci circulent en plein air sur la voie publique, à plus forte raison doit-elle le protéger dans une ville comme Paris, quand la voie ferrée doit être placée en souterrain.

Au mont Cenis, la forte inclinaison est la cause principale d'une ventilation énergique; il y a une différence de niveau de 132 mètres. Les trains allant de Bardonnèche à Modane jettent incomparablement moins de vapeur et de fumée que les trains montants. Mais, malgré l'énergie de la ventilation spontanée, due à une situation favorable qui ne se présentera pas à Paris, et bien que le trafic ne soit point comparable à celui qu'il y faut organiser, on a dû songer à préserver le personnel contre la mort par asphyxie.

M. Amilhau, directeur général des chemins de fer de la haute Italie, a reconnu d'ailleurs, que le personnel de la voie et de la surveillance souffre quelquefois de la fumée. On a dû, au *Giovi*, dit-il, distribuer des boîtes à air pour empêcher les gardiens et cantonniers de se tenir continuellement sous les puits, afin d'échapper à l'asphyxie.

Au tunnel du mont Cenis, on a établi une conduite d'air comprimé sur toute la longueur avec des robinets. En 1872, on n'en avait pas encore besoin; depuis on en fait usage. Maintenant que le trafic augmente, on se préoccupe de produire au moyen de ventilateurs, un aérage beaucoup plus énergique. Les tunnels de la ligne de *Pistoïa*, ceux même d'*Exiles* et de *Menea*, sur la ligne du mont Cenis, qui ne sont, il est vrai, qu'à une voie, sont asphyxiants et très dangereux, même pour les voyageurs. C'est M. Amilhau qui le déclare et qui ajoute que le *fait d'employer du coke a causé de graves accidents d'asphyxie aux mécaniciens et aux gardes-freins, sur la ligne de Pistoïa, tandis que la fumée du charbon, bien que plus gênante et désagréable, n'a produit rien de semblable.* On a dû proscrire absolument l'emploi du coke.

Ainsi voilà le dilemme : si l'on emploie des machines à feu à Paris, ou il faut, par l'usage du coke, asphyxier sûrement les agents du service des trains et les voyageurs, ou bien, diminuer le danger

d'asphyxie, en jetant, par la cheminée, des ordures que les voyageurs parisens subiront difficilement.

Si, au moyen des dépenses indiquées précédemment par M. Mékarski, on réalise la ventilation, naturelle ou artificielle, dans une mesure suffisante pour empêcher la plus légère indisposition des machinistes, il reste néanmoins l'inconvénient des projections de la cheminée qui feraient, du Métropolitain de Paris, un lieu malpropre dont le voyageur ne se servirait qu'avec dégoût et le moins possible.

Or, le Métropolitain n'est pas seulement une entreprise d'utilité publique ; c'est une spéculation qui doit réussir. Il faut, par conséquent, attirer le voyageur et non l'éloigner.

Aux exemples précédents, on peut encore citer le cas qui s'est présenté dans le tunnel du mont Cenis en octobre 1872. Cinq locomotives se sont trouvées accidentellement dans le tunnel; les voyageurs ont eu à souffrir et les mécaniciens ont dû être rappelés à la vie par des soins particuliers.

Veut-on un autre exemple? Dans le tunnel de Edge-Hill à Liverpool, où l'on avait d'abord employé le câble. Pour diminuer les dépenses, on a dû y renoncer en 1870 (ce qui prouve que ce n'est pas le meilleur mode de traction à adopter pour le Métropolitain). On a fait usage de la locomotive, et, en raison de l'activité du trafic, on a aéré puissamment le tunnel au moyen d'un ventilateur aspirant, en tôle, de 9 mètres de diamètre installé dans une chambre en maçonnerie surmontée d'une cheminée à très grande section s'élevant à 60 mètres au-dessus des rails.

Ainsi, dans cette circonstance, à la traction par câble on a préféré faire des dépenses considérables pour assurer la ventilation qu'exige l'emploi des locomotives à vapeur à feu. N'est-il pas plus simple et plus avantageux d'éviter à Paris ces grosses dépenses et de substituer une traction plus économique avec des locomotives sans feu dont on connaît les excellents résultats depuis 1876?...

En examinant, au surplus, la situation du Métropolitain de Londres on remarque que, depuis la création, l'exploitation a révélé des difficultés sérieuses et que l'attention des ingénieurs n'a pas cessé de se porter sur les moyens d'améliorer les conditions de la traction dans les longues sections souterraines. On a remanié des stations, on a découvert partiellement la galerie au prix de gros sacrifices d'argent; on a percé des ouvertures nouvelles pour faire pénétrer l'air.

Malgré toutes les tentatives faites, les dispositions spéciales des machines, et les précautions prises dans la conduite de ces machines, l'air du souterrain est encore assez souvent vicié et très pénible à respirer.

Conformément aux indications portées sur un profil de la ligne qu'ils ont entre les mains, les mécaniciens doivent au passage de la plupart des souterrains, diriger la vapeur d'échappement dans les soutes. Ils doivent en même temps ralentir le tirage du foyer et capuchonner la cheminée pour diminuer le dégagement des gaz.

En réalité, les prescriptions sont peu ou point exécutées. Le capuchonnement contrarie la marche du feu, il y a extinction partielle et encrassement, la pression tombe rapidement, et la marche régulière de la locomotive se trouve bientôt compromise.

L'échappement de la vapeur dans les soutes, par les moyens insuffisants qui ont été employés, a pour résultat, de dégager une forte buée de vapeur non condensée; cette buée, très lourde, se répand dans le souterrain et épaissit immédiatement l'atmosphère, à tel point que, de l'avis des ingénieurs, il est encore préférable, en pratique, quand on a des gaz à évacuer, de les mélanger à la vapeur d'échappement lancée à haute température, et sans eau entraînée, à la voûte de la galerie. C'est ainsi, dit-on, qu'on obtient encore les meilleurs résultats.

A Londres, on estime que, dès que le Métropolitain débarassera le public des inconvénients de la fumée, l'affluence des voyageurs augmentera beaucoup.

Ce ne serait donc pas le cas à Paris, d'appliquer, dans des conditions plus difficiles, des machines à feu qu'une longue application à Londres désigne comme un moyen de traction défectueux et onéreux.

Une comparaison a été faite en effet, entre les dépenses d'exploitation du chemin de fer métropolitain de Londres par rapport aux autres lignes de chemins de fer en Angleterre. Dans un même semestre chaque machine a coûté pour entretien et part proportionnelle dans les dépenses générales, 300 francs sur le Métropolitain et 150 francs seulement sur le *Lanscashire and Yorkshire Railway*. Les dépenses pour le salaire des mécaniciens et chauffeurs se sont élevées à 4,025 francs sur le Métropolitain et 2,750 francs seulement sur l'autre chemin de fer. Le coke et le charbon ont coûté 3,925 francs sur la première ligne et 1,675 francs sur la seconde. L'eau, l'huile

donnent un total de 1,100 francs sur le Métropolitain et 775 francs sur l'autre ligne.

En résumé, une machine a coûté pendant un semestre 12,150 francs sur le *Métropolitain* et 8,475 francs sur le *Lanscashire Railway*, et cependant, sur cette dernière ligne les frais d'exploitation sont beaucoup plus considérables que sur la première.

Cette augmentation, dans les dépenses de traction, s'explique en raison des mesures prises contre la production de la vapeur et des gaz dans les souterrains ; on tourmente le fonctionnement de la chaudière et la dépense s'en ressent naturellement. Les arrêts brusques et fréquents donnent lieu à une très grande fatigue du matériel, et, l'entretien des chaudières, ainsi qu'on le constate depuis longtemps sur les tramways, coûte très cher, en exigeant un supplément de machines assez important.

Les dépenses relatives au personnel sont augmentées à cause du séjour pénible des mécaniciens et chauffeurs dans une atmosphère viciée.

Il y a là des causes de dépenses qui ne se produiraient pas certainement, pour la plus grande partie, avec l'emploi des machines sans foyer. Au point de vue de la dépense de premier établissement, on peut ajouter que les machines à foyer exigeront un capital plus élevé que les machines à vapeur sans foyer y compris les chaudières fixes nécessaires à leur alimentation.

En effet, une machine du Métropolitain de Londres pèse à vide 35 tonnes et demie; tandis qu'une machine sans foyer de même puissance et de même poids en charge (43 tonnes) ne pèserait que 27 tonnes et demie environ à vide. La différence de poids produit un écart dans le prix de la machine suffisant pour compenser la dépense d'établissement des générateurs d'alimentation aux terminus de la ligne.

De tout ce qui précède, il résulte, en toute évidence, qu'il y a un réel danger à employer des locomotives à vapeur à foyer sur le Métropolitain de Paris, sans compter les désagréments sérieux dont pourrait avoir à souffrir le public de la part de ces machines. Leur usage causerait de grandes dépenses pour la ventilation, les dépenses de traction attendraient un niveau élevé.

On a bien songé à la traction funiculaire pour obvier aux inconvénients des machines à feu. A première vue, l'emploi du câble paraît

devoir être avantageux, surtout si l'on se réfère aux avantages qu'on en a obtenus en Amérique, à San-Francisco. Cependant, si l'on recherche les résultats que l'emploi du câble a fournis partout sur les chemins de fer où la locomotive ne pouvait pas recevoir d'application, on constate immédiatement que le câble a été mis en état d'infériorité, et que, malgré les grosses dépenses qu'il a nécessitées pour son établissement, on a dû y renoncer pour lui substituer la locomotive.

Sur le chemin du *Blackwall* à Londres, malgré les incendies redoutés dans les combles des maisons par le passage des locomotives, on a renoncé au câble.

A Liège, où le câble se justifiait par l'inclinaison et par une disposition avantageuse, il a été définitivement remplacé, en 1866, au moyen de locomotives. Avec des machines puissantes et légères le service de la rampe est devenu plus économique et plus simple.

En Prusse, il y a longtemps que les machines fixes d'Aix-la-Chapelle sont remplacées.

Dans le tunnel d'Edge-Hill à Liverpool, déjà cité, on a remplacé le câble par des locomotives.

Partout, la locomotive a remplacé le câble avantageusement dans des conditions qui justifiaient pourtant l'emploi de celui-ci : faible longueur et forte inclinaison.

Il est douteux, après cela, qu'il puisse être employé sur le Métropolitain de Paris, où il ne s'agit pas d'une faible longueur, où les plans inclinés, les courbes de faible rayon se succèdent à tout instant, où le poids à déplacer en raison du nombre élevé des trains est considérable.

Un câble agissant dans de telles conditions devrait avoir un diamètre excessif. Les pertes de travail seraient élevées et croissantes avec la longueur, qui, au delà d'un certain point, placeraient ce mode de traction dans des conditions d'effet utile aussi défavorables que celles de la locomotive fonctionnant sur des rampes d'inclinaison excessive.

Dans le cas du Métropolitain de Paris, la grandeur de l'effort de traction nécessiterait, pour le câble un diamètre qui réagirait sur les résistances et par suite sur le diamètre lui-même ; c'est surtout dans la roideur mise en jeu à toutes les inflexions, et qui croît suivant une progression mal connue, mais certainement rapide, avec son diamètre, que réside le vice capital du câble à traction directe.

A Liège, malgré le grand rayon des tambours la roideur seule absorbait un travail considérable.

Quand il s'agit du transport des voyageurs, il faut exclure les courbes de petit rayon. Tel n'est pas le cas à Paris. Les nombreuses inflexions sur des poulies aggraveraient beaucoup les résistances et l'effet utile du moteur qui doit vaincre à la fois les résistances dues à toutes les courbes serait fort réduit; d'autre part, si le câble venait à échapper aux poulies, sa brusque rectification pourrait avoir des suites graves.

Il est vrai que lorsqu'il ne s'agit pas d'une forte inclinaison, le poids du câble diminue beaucoup; mais alors l'usure devient d'autant plus élevée qu'on se rapproche de l'horizontale.

Est-on arrivé à perfectionner la traction par câble en Amérique, au point de rendre son emploi avantageux? Il est permis d'en douter.

Le câble a eu du succès à San-Francisco, en raison de l'inclinaison des rues et de la position différente des quartiers qu'il a fallu relier. Ce succès est comparable à celui qu'ont obtenu diverses entreprises du même genre à Lyon, où la concurrence est à peu près impossible et les tarifs très élevés.

De là il ne faut pourtant pas conclure que le mode de traction qui s'est imposé à San-Francisco, en raison des lieux, constitue un moyen de traction économique.

C'est tout le contraire.

Dans l'installation de Clay-Street la vitesse du câble est de 6,400 mètres à l'heure, les rails pèsent 10 kilogrammes le mètre courant. La longueur de la ligne est de 1,033 mètres; la machine a une puissance de 30 chevaux. La voiture porte seulement 14 voyageurs et le dumny 9. Parfois, on compte en tout 53 voyageurs, mais la moyenne est de 22 dans l'année. Le nombre de voyages, par jour, aller et retour, est de 158; les voyageurs transportés sont en moyenne de 3,300 par jour, quelquefois 5,000. Le prix est de 25 centimes par voyageur. Le produit annuel est de 375,000 francs. La dépense annuelle, à raison de 615 francs par jour, est de 224,475 francs. Ceci fait, à raison d'un parcours kilométrique journalier de 326 kilomètres, une dépense de 1 fr. 90 *par kilomètre.*

C'est tout simplement exorbitant; c'est 1 franc de plus que ce que doit coûter en moyenne, en France l'exploitation des tramways à traction mécanique. Quant à l'installation du tramway elle a

coûté 500,000 francs dont 300,000 pour la voie. C'est beaucoup trop cher.

Mais, le produit net annuel a été de 150,525 francs.

C'est un résultat qu'il ne faut attribuer qu'à une situation particulière. Il se reproduira difficilement ailleurs, car les frais d'exploitation de 1 fr. 90 par kilomètre ne diminueront pas beaucoup vraisemblablement.

A San-Francisco, le câble doit être souvent changé; le système de pinces est souvent à réparer, fréquemment il faut faire de grosses réparations à la conduite dont l'enveloppe n'est pas suffisamment résistante. Malgré la pente rapide, les engorgements se produisent rapidement dans cette conduite.

A Chicago, ville plate, les engorgements seront beaucoup plus faciles, incontestablement; par les perfectionnements introduits au système primitif de San-Francisco, peut-être parvient-on à rendre le fonctionnement du câble plus sûr et plus régulier; ce que l'on ne peut empêcher, en tous cas, ce sont les dépenses considérables d'usure, des pertes de travail, d'entretien et des visites fréquentes des conduites.

Il est possible que l'entreprise des Tramways de Chicago, donne des résultats financiers superbes, en raison d'un accroissement de trafic et de circonstances locales inutiles à rechercher ici; mais il reste acquis que la traction par câble, en réalité, exige de grosses dépenses de premier établissement et donne lieu à des frais d'exploitation élevés.

L'infériorité de la traction par câble indique qu'il faut chercher un système meilleur.

Il est douteux que les moteurs électriques puissent rendre pratiquement des services. En tous cas, ces moteurs ne paraissent pas pouvoir être appliqués, quant à présent, avec économie ; à ce point de vue, peut-être bien, sont-ils inférieurs aux moteurs à air comprimé. Si l'électricité est transportée par fil, on sait par les expériences faites au chemin de fer du Nord, par M. Tresca, que l'on n'est pas encore fixé sur la possibilité de transmettre de grandes forces à distances, qu'il y a perte de travail, par la transmission mécanique, par la transformation de l'électricité en chaleur, par la résistance de la machine génératrice et de la machine réceptrice, par les étincelles et l'électricité qui échappe aux balais, perte totale en raison de laquelle on est arrivé à un rende-

ment de 32 pour 100 du travail moteur reçu d'une machine, qu'elle soit hydraulique ou à vapeur.

Si la machine est à vapeur, et qu'elle rende 75 pour 100, c'est finalement un rendement de 24 pour 100 qu'on obtient. En considérant ce faible rendement, et l'importance qu'en conséquence il faut donner aux installations fixes, chaudières, machines fixes à vapeur, transmissions, machines magnéto-électriques génératrices et réceptrices, matériel de transmission; si l'on calcule la somme des dépenses à faire pour l'installation pour l'entretien, les matières consommées, les salaires du personnel, pour l'annuité d'intérêt et d'amortissement du capital de premier établissement, on arrive à un résultat qui met, au point de vue économique, la force motrice électrique dans une grande infériorité par rapport à la force motrice à vapeur.

Si l'électricité est transportée au moyen des accumulateurs dont M. Philippart s'occupe, avec le concours de la Compagnie des omnibus de Paris, on arrive à un résultat encore moins avantageux. Par ce moyen on évite, en effet, l'installation du matériel de transmission de l'électricité avec ses difficultés, mais il faut en plus des accumulateurs qui représentent un poids, un prix élevé d'achat, une dépense d'entretien, et dont le rendement que les fabricants ne garantissent pas au delà de 60 pour 100, correspond à une perte qui paraît être supérieure à celle que l'on a relevée entre la génératrice et la réceptrice dans les expériences du chemin de fer du Nord. On peut donc considérer jusqu'à présent les moteurs électriques comme insuffisants au point de vue pratique et, en tout cas, comme un moyen d'action beaucoup trop cher et incapable de remplacer la force motrice à vapeur. C'est un motif assez sérieux pour les repousser sans compter les dangers réels auxquels vous expose l'emploi des courants électriques à haute tension.

Deux solutions restent maintenant en présence : la traction par l'air comprimé, et la traction par la vapeur emmagasinée.

L'un et l'autre de ces deux systèmes, qui ont fait leurs preuves depuis longtemps, ont les conditions suivantes à remplir :

1° Ne pas troubler les conditions de l'air dans les galeries souterraines, par un excès de chaleur, par l'échappement des gaz irrespirables ou délétères, et par la vapeur d'eau;

2° Ne pas contrarier l'action de la ventilation naturelle;

3° Pour réaliser les avantages ci-dessus, ne pas dépasser, ne pas atteindre même, les dépenses de traction des machines à vapeur ordinaires ;

4° Dans la construction, faire la plus grande économie, dans les moyens mécaniques ou autres, nécessaires à la ventilation de la partie souterraine, et dans l'acquisition du matériel de traction et des dépendances.

Il est incontestable que la machine à air comprimé remplira aisément la première condition.

M. Mékarski a essayé de vous démontrer que, sur ce point, la locomotive sans foyer présente des inconvénients graves irrémédiables, plus sérieux même que ceux qu'on reproche aux machines ordinaires à feu. Cette démonstration, il convient de le répéter, ne peut être prise en considération, parce qu'elle s'établit sur des énonciations et des chiffres inexacts.

En effet, la dépense de vapeur n'est pas de 100 kilogrammes par kilomètre avec la locomotive sans foyer, et M. Mékarski n'est pas autorisé à dire que toute la vapeur échappée des cylindres sera projetée dans la galerie, pour exiger ainsi une ventilation énergique très coûteuse. Si le travail de la traction exige une dépense moyenne de 70 à 80 kilogrammes de vapeur avec une machine ordinaire, il n'y a pas de raison pour qu'une locomotive sans foyer dépense 100 kilogrammes.

Sans contester que les machines à vapeur dépensent plus de vapeur en fonctionnant à 4 kilogrammes qu'à 7 ou à 9 kilogrammes par exemple, il ne faut pas oublier non plus que la locomotive dans son emploi, au point de vue du bénéfice à retirer de la détente, est à distinguer des machines fixes. Dans les locomotives ordinaires, la détente moyenne n'est pas bien étendue, l'eau entraînée à l'état vésiculaire existe en grande quantité, et quand on utilise la haute pression et qu'à l'échappement, la vapeur sort dans la cheminée, elle emporte avec elle une quantité appréciable de chaleur qui aurait pu être plus utilement convertie en travail dans les cylindres. S'il y a avantage, en principe, à employer la vapeur à haute pression, il y a sur la locomotive perte provenant du mauvais emploi de la détente et de l'eau entraînée.

Avec la locomotive sans foyer, la vapeur est réchauffée avant son entrée dans les cylindres ; il n'y a pas d'eau entraînée. En admettant

la vapeur sèche à basse pression dans les cylindres dans les conditions ordinaires de la détente admise sur les locomotives en général, on utilise donc complètement le travail disponible en échappant la vapeur à la pression atmosphérique ou à peu près, puisqu'il n'y a pas obligation d'activer le foyer.

L'avantage qu'on perd d'un côté est donc largement racheté de l'autre. En pratique, il a d'ailleurs été constaté (c'est une expérience qu'on peut faire quand on voudra) qu'une machine à vapeur ordinaire, dans les mêmes conditions de travail, dépense plus de vapeur qu'une locomotive à vapeur sans foyer.

Maintenant, M. Mékarski a raisonné comme si la vapeur de la locomotive sans foyer ne devait pas être condensée, même en faible partie. On arrive ainsi facilement à la conclusion qu'on désire.

C'est une erreur capitale qu'il importe de corriger. La vapeur d'échappement peut être lancée au dehors sur les parties découvertes de la voie ferrée; mais elle peut être aussi complètement condensée dans les parties souterraines.

Il s'agit donc d'examiner, d'après le projet du Métropolitain, tel qu'il vient d'être modifié, quelle est la plus grande longueur du souterrain à parcourir sans vapeur. Cette longueur n'est pas supérieure à 5 kilomètres réellement; serait-elle plus grande, qu'il n'y aurait nulle difficulté à condenser complètement, soit en approvisionnant une plus grande quantité d'eau froide, soit en refroidissant à air libre l'eau chauffée par la vapeur condensée, en souterrain, en agissant par des appareils à air sec ou à air humide.

Au surplus, la disposition Compound du système Mallet ou Webb pourrait être avantageusement appliquée à la locomotive sans foyer qui peut également avoir sa réserve de façon à épuiser complètement la vapeur du récipient principal d'eau chaude. Il peut en résulter une économie dans la dépense de la vapeur. La condensation par elle-même peut augmenter cette économie en faisant le vide. La dépense de vapeur qui a été évaluée sans cela, à raison de 70 kilogrammes dans le cas des profils du Métropolitain de Paris, peut être réduite au moins à 60 kilogrammes, chiffre qu'on admet sans exagération.

Pour un trajet de 5 kilomètres, mettons 6 si l'on veut, il s'agirait donc de condenser 360 kilogrammes de vapeur. Dans ces conditions, il faudrait tenir en réserve 3,289 kilogrammes d'eau froide.

En effet, les 600 kilogrammes de vapeur à condenser emporteront, si l'on admet la température de 110 degrés à la sortie

$$(606{,}5 + 0{,}305 \times T)\ 360 = 230{,}238 \text{ calories.}$$

Ces calories pourront être absorbées par de l'eau qu'on peut pousser à la température de 80 degrés sans diminuer la rapidité d'action de la condensation en raison des dispositions connues et appliquées.

Avec la condensation par l'eau, si l'on suppose l'eau à 10 degrés, il faudra

$$\frac{230{,}238}{80 - 10} = 3{,}289 \text{ litres d'eau.}$$

Si nous admettons 4,000 litres, il faut en convenir, il n'y a pas dans ce poids d'eau nécessaire la grande difficulté, ou plutôt l'impossibilité, qu'a signalée M. Mékarski pour condamner à jamais les locomotives sans foyer.

Ce poids d'eau froide n'empêchera pas d'approvisionner assez d'eau chaude pour faire un parcours que la machine à air comprimé n'atteindra qu'en exagérant la tension de l'air dans la batterie.

M. Mékarski admettra bien maintenant qu'il ne se trouve pas en présence de simples dénégations.

Il est certain que, dans la galerie souterraine, la locomotive sans foyer n'aura pas, plus que la machine à air comprimé, l'inconvénient de modifier l'état hygrométrique de l'atmosphère.

L'enveloppe calorifuge du récipient d'eau chaude, quand elle est en bon état d'entretien, ne laisse tomber, en hiver, la pression, par refroidissement, qu'à raison d'un quart d'atmosphère par heure environ.

Dans les conditions les moins favorables, une machine de traction du Métropolitain perdrait environ 40,000 calories par heure. Dans une galerie de 5,000 mètres de longueur, où il y aurait sept trains engagés à la fois avec un service à trois minutes, 280,000 calories seraient dégagées par heure, ou 56 calories par mètre courant de galerie, pour 40 mètres carrés de section, soit un peu plus d'une calorie par mètre cube d'air et par heure.

Il n'y a évidemment pas là sujet à préoccupations.

Quant aux gaz et à la vapeur d'eau, on ne devra extraire que ceux émanant de la respiration et de la transpiration des 2,800 voyageurs portés par les sept trains engagés dans la partie souterraine.

Pour que la ventilation soit faite convenablement, il faut renouveler l'air à raison de 20 mètres cubes par heure et par individu, soit donc $20 \times 2,800 = 56,000$ mètres cubes sur une longueur de 5,000 mètres, ou par mètre courant 11 mètres cubes 200.

En conséquence, on peut admettre qu'un profil comme celui du Métropolitain, avec ses différences de niveau et ses ouvertures disposées aux points les plus bas et les plus élevés, produira suffisamment la ventilation pour donner une vitesse d'écoulement de l'air à raison de 11 mètres par heure. En hiver, l'air extérieur, plus dense et plus froid, entrera par l'orifice le plus bas, et par contre, en été, l'air extérieur, plus chaud et moins dense, entrera par le point le plus élevé.

Le vide relatif que produiront les trains marchant à 30 kilomètres à l'heure d'ailleurs, animeront l'air d'une force vive qu'il communiquera à l'air extérieur chaque fois qu'un train passera sous une ouverture.

La ventilation due au déplacement des trains serait à peu près de nul effet, comme le pense M. Mékarski si, en réalité, dans l'intervalle de deux trains, l'aspiration de l'air extérieur et le renvoi de l'air intérieur ne pouvait pas trouver d'orifices bien disposés pour s'exercer efficacement, mais il n'en sera sans doute pas ainsi. Dans le service à trois minutes, les trains peuvent être séparés par une distance de 1,500 mètres, tandis qu'il y aura peu ou point de souterrain de cette longueur, entièrement couvert ou sans communication avec l'air extérieur.

Avec l'emploi de la vapeur sans feu, en cas d'agglomération de l'acide carbonique, il serait possible de jeter un peu de vapeur par les purgeurs ou autrement, afin d'activer la ventilation. Au contraire, l'air comprimé, très froid et très dense, aurait pour inconvénient de combattre le départ de l'acide carbonique. Il se produirait un brassage de l'air et des gaz, c'est juste, mais en formant un mélange lourd, qui aurait plus de peine à s'élever et qui réclamerait incontestablement une ventilation plus énergique qu'avec l'emploi des locomotives sans foyer.

On a constaté, en effet, au mont Cenis, que si les jets d'air comprimés ont eu l'avantage de soulager les ouvriers qui travaillaient dans le tunnel, ce résultat a été obtenu au prix de très grands inconvénients qui concourent tous à rendre, pour un aérage, les conditions du tunnel de plus en plus difficile.

Tel est l'avis exprimé par M. Kossuth dans son étude sur l'appli-

cation de la ventilation artificielle à l'aérage du tunnel du mont Cenis.

Sur le deuxième chef du programme, la locomotive sans foyer que combat M. Mékarski est donc supérieure à la machine à air comprimé.

Quel sera le plus grand parcours à accomplir sur le Métropolitain de Paris sans renouveler la vapeur ou l'air comprimé? Admettons, comme M. Mékarski, ce parcours à 18 kilomètres, en outre comptons sur une somme de montées de 50 mètres, et supposons que le travail restitué sur les pentes et non absorbé par les freins compensera le travail perdu aux arrêts.

Le travail total à développer sera, avec une résistance de 9 kilogrammes par tonne et pour un train de 100 tonnes, de 21 millions de kilogrammètres.

Or, dernièrement, au bief et dans le souterrain de Mauvages, on a mesuré au dynamomètre le travail accompli sur le câble d'amarre d'un convoi de 25 bateaux, par un bateau toueur alimenté par deux récipients d'eau chaude, mesurant ensemble 10 mètres cubes, pendant quatre heures. En entrant, la pression était inférieure à 15 kilogrammes; en sortant, elle était encore de 6 environ. Néanmoins, on a enregistré un travail de 1,200 à 1,300 kilogrammètres par seconde sur le câble d'amarre, ce qui représente un travail total de 18,360,000 kilogrammètres non compris le travail absorbé par le bateau. La machine est du système Compound avec détente Meyer, et à condensation. C'est une condition favorable qui permet de tirer, en pratique, beaucoup plus de 1,800 kilogrammètres [1] que l'on obtient pourtant facilement sur les locomotives sans foyer ordinaires par kilogramme d'eau chaude contenu par le récipient.

Si l'on développe, comme c'est certain, 2,000 kilogrammètres par l'emploi du Compound, on arrive à la conviction que 11 mètres cubes d'eau chaude suffiront pour mettre une locomotive sans foyer dans de bonnes conditions de sécurité de marche sur le Métropolitain de Paris.

Il n'y a aucun calcul de M. Mékarski qui puisse détruire ce qui est réalisé en pratique.

La locomotive sans foyer, projetée pour le Métropolitain de Paris, a une longueur totale de 7 mètres que n'atteint pas celle des machines

1. On estime à 2,400 kilogrammètres environ le travail que l'on peut obtenir dans ces conditions dans les limites de 15 à 3 kilogrammes de pression.

adoptées à Londres; elle peut porter 4,000 kilogrammes d'eau froide pour la condensation, 11,000 kilogrammes d'eau chaude dans un récipient timbré seulement à 15 kilogrammes. Le poids à vide est estimé au maximum à 27,500 kilogrammes et en service à 42,500 kilogrammes comme à Londres. Le poids adhérent est de 30,000 kilogrammes réparti sur deux essieux accouplés, ce qui fait une charge de 15 tonnes par essieu et non de 17 tonnes comme l'a supposé M. Mékarski. C'est 2 tonnes de moins qu'à Londres.

Le poids à vide se répartit comme il suit :

Récipient et accessoires.	7,000	kilogr.
Châssis, tabliers, suspension, attelages . .	3,600	—
Mécanisme	7,000	—
Roues et boîtes à graisse	6,000	—
Freins	400	—
Rampes et caisses.	3,500	—
Total.	27,500	kilogr.

D'après le détail ci-dessus on peut faire facilement le poids qu'aura la machine à air comprimé.

Voyons maintenant si la solution apportée par M. Mékarski est plus simple, nous verrons plus loin si elle est économique.

Avec la machine de Nantes, on fait un travail qui peut être de 3 millions de kilogrammètres avec une capacité de récipient de 5.600 litres. A la même pression, il faudrait donc, pour le Métropolitain, sept fois plus, c'est-à-dire 39 mètres cubes d'air. Il paraît qu'à 50 kilogrammes de pression au lieu de 30, il n'en faudra plus que 17, dit M. Mékarski. C'est court.

Il paraît au moins prudent de porter la capacité totale à 20 mètres cubes.

Dans ces conditions, il serait difficile de constituer la batterie avec un poids moindre que 18 tonnes. Avec le réservoir d'eau chaude et ses accessoires, avec 1,000 kilogrammes d'air, 20,000 kilogrammes de châssis, tabliers, suspensions, attelages, mécanisme, roues, boîtes à graisse, freins, rampes et caisses, il paraît difficile de réduire la machine à un poids inférieur à 45 tonnes. On voit que, pour qu'il y ait parité de poids, on peut ajouter encore au poids prévu sur la locomotive sans foyer 3,000 kilogrammes d'eau froide pour la condensation

s'il est nécessaire ; encore convient-il de remarquer que cette parité ne se produit qu'en élevant la pression de l'air de 30 à 50 kilogrammes par centimètre carré.

Est-ce une bonne mesure? Personne ne le croira. Augmenter la pression c'est étendre le champ des pertes de travail que l'on reproche déjà à l'air comprimé, c'est créer une source de difficultés insurmontables, à raison des fuites, et un danger réel.

La vapeur d'eau, quand elle se condense, a une force capillaire sur les parois métalliques qui garantit un joint de vapeur. Cette propriété, l'air ne l'a pas. C'est ce qui fait que l'air comprimé est très difficile à conserver. Ceci n'empêche pas de reconnaître, qu'en pratique, les joints de vapeur deviennent difficiles à garantir au delà d'une pression de 15 kilogrammes. Qu'arrivera-t-il avec une pression d'air de 50 kilogrammes? C'est ce que l'avenir peut nous apprendre par des surprises peut-être et par des frais excessifs d'entretien.

Toujours est-il que M. le colonel Beaumont qui a créé à Londres un système à air comprimé, à une pression supérieure à 70 kilogrammes, n'a jamais jusqu'ici donné des résultats bien satisfaisants.

Des journaux ont rapporté que, lors d'une expérience faite dernièrement, la batterie a fait explosion en jetant l'épouvante autour d'elle. Ce qui prouve qu'il est dangereux de pousser trop loin la tension de l'air comprimé.

Dans la séance de la Société du 6 octobre dernier, il a été démontré que la locomotive sans foyer, comparée à l'air comprimé, fait emploi de la vapeur dans de meilleures conditions. Si les machines à foyer dépensent autant de charbon, d'après M. Mékarski, que les machines à air comprimé, il résulte des faits et de cette démonstration que ces dernières, à travail égal, dépensent *deux fois plus de combustible* que les machines sans foyer.

Dans la même séance, il a été prouvé que la machine sans foyer est rationnelle, beaucoup plus simple, plus sûre, moins délicate que la locomotive à air comprimé. Il paraît inutile de revenir sur une démonstration qui n'a pas été réfutée jusqu'à présent et qui s'appuie sur des faits incontestables. Ce n'est certes pas l'élévation de la pression dans la batterie qui améliorera les résultats de la locomotive à air comprimé.

En réalité, c'est par nécessité et pour essayer de lutter avec la machine sans foyer que M. Mékarski adopte maintenant une pression supérieure à celle que, depuis des années, il a la sagesse de ne point dé-

passer; mais passons et examinons rapidement la question capitale de la dépense,

Pour faire usage de l'air comprimé sur le Métropolitain de Paris, la dépense de premier établissement serait *six fois* plus élevée, c'est-à-dire que, si pour 100 machines à mettre en application, par exemple, on doit dépenser une somme de 41,250 francs par machine sans foyer, de 27 tonnes et demie à vide (à raison de 1 fr. 50 par kilogramme), ou en tout 4,125,000 francs, plus environ 400,000 francs de chaudières et accessoires, soit au total 4,525,000 francs; il faudra dépenser pour l'emploi des machines à air comprimé 63,000 francs par machine (42,000 kil. à 1 fr. 50) ou pour 100 machines 6,300,000 francs, et pour l'installation des appareils fixes, six fois 400,000 francs, soit 2,400,000 francs, ou au total 8,700,000 francs. Différence en faveur de la locomotive sans foyer, 4,175,000 francs.

Avec l'emploi des machines à foyer on devrait compter un cinquième de machines en plus, à cause de la fréquence des réparations à faire à ces machines. Nous nous tiendrons néanmoins au même nombre de machines.

Au même prix unitaire, pour les machines comparables, à raison de 37 tonnes et demie à vide, la dépense devient 5,325,000 francs.

L'avenir dira que l'avantage exprimé ici d'une manière approximative en faveur des locomotives sans foyer sur les machines à vapeur à foyer et à air comprimé est en dessous de la réalité.

Dans l'exploitation, l'infériorité de la machine à air comprimé n'est pas douteuse. Il faut d'abord payer en plus l'annuité d'intérêt et d'amortissement de la dépense supplémentaire de 4,175,000 francs, ou de 0 fr. 10 par kilomètre, en comptant sur un parcours annuel de 36,000 kilomètres par machine.

Au point de vue des matières consommées, il faut, en poids, deux fois plus de charbon de prix inférieur égal, pour le graissage et l'entretien des appareils intermédiaires il faut dépenser davantage, le personnel est aussi plus nombreux pour la conduite de ces appareils intermédiaires, surtout quand on doit compter avec une pression élevée de 50 kilogrammes. Si la machine sans foyer doit dépenser, par exemple, 0 fr. 25 de combustible par kilomètre, 0 fr. 10 de matières diverses, 0 fr. 20 de frais de personnel, 0 fr. 20 de frais d'entretien et renouvellement, soit en tout 0 fr. 75 par kilomètre (ce prix est évidemment exagéré); la locomotive à air comprimé ne pourra pas dépenser moins

d'après ce qui a été démontré en octobre dernier de : 0 fr. 40 de combustible, 0 fr. 15 de matières diverses, 0 fr. 25 de frais de personnel, 0 fr. 25 de frais d'entretien et renouvellement, puis les 0 fr. 10 indiqués plus haut, et provenant de la dépense supplémentaire de premier établissement, soit en tout 1 fr. 20. C'est le prix de revient des machines à foyer à Londres.

Les machines à air comprimé et sans foyer ont toutes deux l'avantage de réduire au minimum de prix le combustible, à l'inverse des machines à vapeur à feu, de diminuer considérablement les dépenses d'entretien des locomotives et du personnel, que l'on est pas obligé de recruter parmi les hommes d'élite. Mais, comparées entre elles, la locomotive sans foyer a certainement à son avantage la diminution, en poids, du charbon brûlé sur la grille, de l'effectif du personnel au dépôt, des frais d'entretien et des matières diverses consommées au dépôt, et enfin de l'intérêt et de l'amortissement du capital employé en supplément.

Cet avantage se traduit par *une économie de un million par an* au moins sur les machines à air comprimé, et par une diminution des frais d'exploitation, à peu près de même importance par rapport aux machines à feu.

Sans avoir la prétention de garantir la rigoureuse exactitude des chiffres sus-indiqués, on peut les considérer néanmoins comme une approximation assez juste des avantages économiques qui distinguent la locomotive sans foyer par rapport aux deux systèmes qui viennent de lui être comparés.

A Londres, la dépense de la traction, ajoutée à celle du matériel, est de 1 fr. 206 par kilomètre, tandis que sur les lignes de la banlieue de l'Ouest, à Paris, elle est pour l'année correspondante de 0 fr. 893.

Il y a ici une différence qui s'explique par la puissance moindre des locomotives et par les difficultés qu'on éprouve dans une exploitation métropolitaine et souterraine.

S'il est possible d'admettre que les machines à air comprimé ne dépensent pas plus que les machines à feu, comme l'a dit M. Mékarski, à coup sûr on ne peut être fondé à dire que les machines à air comprimé constituent la solution la plus économique pour la traction du Métropolitain.

Comme la traction par air comprimé, la locomotive sans foyer permet au Métropolitain de s'établir partout sans exiger de grands frais

d'expropriation et de ventilation ; mais elle exige beaucoup moins de dépenses pour l'achat du matériel d'abord ; ensuite, elle coûte beaucoup moins dans l'exploitation. C'est donc un moyen de traction qui satisfait certainement mieux que tout autre, aux conditions énoncées plus haut.

Messieurs les ingénieurs du Métropolitain de Vienne, partagent cette opinion puisqu'il résulte de leur lettre que la locomotive sans foyer, examinée au point de vue du Métropolitain de Vienne et comparée aux autres systèmes, est considérée comme la meilleure solution, et que, d'autre part, les sociétés minières paraissent préférer maintenant la vapeur emmagasinée à l'air comprimé.

D'ailleurs, ce qui a été exposé dans la séance du 6 octobre dernier et ce qui précède prouve surabondamment que si la machine à air comprimé possède de grandes qualités pour une exploitation souterraine, cette machine doit cependant céder le pas à la locomotive sans foyer sur le terrain économique.

C'est une vérité qu'il faut admettre, et que de savants ingénieurs, et l'éminent M. Couche en particulier, ont proclamée depuis longtemps.

Un essai comparatif pourrait d'ailleurs donner une sanction éclatante à l'opinion donnée sur l'emploi peu économique de l'air comprimé.

M. Francq, pour sa part, l'appelle de tous ses vœux.

M. Mékarski verra que l'objection que l'on peut tirer contre l'emploi de l'air comprimé, des dépenses qu'entraîne l'établissement d'usines pour sa fabrication est plus sérieuse qu'il ne le pense.

MÉMOIRE

relatif à la Convention Internationale du 20 mars 1883

SUR LES

BREVETS D'INVENTION

MODÈLES, DESSINS ET MARQUES DE FABRIQUES ET NOMS COMMERCIAUX

AVEC COMMENTAIRES ET CONSÉQUENCES

PAR M. ÉMILE BARRAULT,

INGÉNIEUR-CONSEIL.

C'est le 20 mars 1883, que fut conclue la convention pour la protection de la propriété industrielle, dont je veux vous entretenir en vous indiquant son origine, ses bases et ses conséquences.

Les puissances signataires, au moment actuel, sont au nombre de onze.

Savoir : 1. — La Belgique ;
2. — Le Brésil ;
3. — L'Espagne ;
4. — La France ;
5. — Le Guatémala ;
6. — L'Italie ;
7. — Les Pays-Bas ;
8. — Le Portugal ;
9. — Le Salvador ;
10. — La Serbie ;
11. — La Suisse.

Il a fallu cinq années de travaux persévérants pour amener la

signature de cette convention, d'autant plus importante que, par les dispositions de son article 16, elle autorise les États qui n'y ont point pris part à y adhérer par simple notification diplomatique au gouvernement suisse, qui est chargé d'avertir régulièrement tous les autres États adhérents de la convention.

Nous pouvons prouver l'importance de cette disposition en disant, de suite, que la Grande-Bretagne et les États-Unis ont approuvé complètement toutes les dispositions proposées par la convention, mais que l'Angleterre a dû subordonner son adhésion à l'adoption d'un *bill* industriel relatif à la propriété industrielle, dont le gouvernement Anglais va saisir le Parlement, et qu'il fera tous ses efforts pour faire voter au cours de la session actuelle.

En ce qui concerne les États-Unis, leur adhésion est probable pour un délai très rapproché, et des mesures spéciales ont été prises à ce sujet.

C'est au congrès international de la propriété industrielle, tenu à Paris en 1878, que, sur la proposition de M. *Romanelli*, commissaire italien, il fut institué une commission permanente chargée de poursuivre la réalisation officielle de ce qui n'avait pu être jusque-là qu'un objet de pure discussion.

M. *Teisserenc de Bort*, ministre du commerce à cette époque, accepta, pour le gouvernement français, la mission d'une honorable initiative et il provoqua, auprès des autres gouvernements, la formation d'une conférence internationale.

Rapporteur de la section des Brevets d'invention au congrès, j'ai eu l'honneur d'être nommé également rapporteur du comité exécutif de la commission permanente internationale du congrès de Paris pour la propriété industrielle après la conférence internationale de 1880, qui fut présidée par M. *Bozérian*, sénateur, homme dont la compétence éprouvée et le caractère honorable et bienveillant furent appréciés par tous.

Vous avez, à la bibliothèque, le tableau synoptique relatif aux Brevets d'invention que j'ai dressé pour les réponses faites aux questions posées par la section française, tant par le congrès international de 1878, que par la conférence internationale de 1880, et les sections française et étrangères.

Je n'ai pas à revenir sur ce travail et sur ce qui l'a suivi.

La conférence de 1880 comprenait vingt et une puissances, c'est-

à-dire dix des puissances adhérentes de la convention du 20 mars 1883 et l'Autriche, la Hongrie, la Confédération Argentine, les États-Unis, l'Angleterre, la Russie, la Suède et la Norvège, la Turquie, l'Uruguay et le Vénézuela.

Vous constaterez sans doute avec surprise que l'Allemagne ne s'y trouvait pas, mais en réfléchissant un peu vous verrez que c'est volontairement qu'après s'être abstenue, elle a fait agir tous les moyens pour empêcher cette conférence d'aboutir à quelque chose de pratique, ou du moins pour empêcher les pays allemands ou dépendant de l'Allemagne d'y adhérer.

L'importance des résultats obtenus sera facilement comprise par l'étude de chacun des articles votés, et nous allons maintenant en faire l'analyse et le commentaire, en nous servant, pour ce commentaire, de la discussion qui a eu lieu entre les membres du comité à propos de chaque article, tant en 1880 qu'en 1883, dans les diverses séances tenues à cet effet.

Article 1er.

Il établit que les onze États adhérents, à ce jour, entendent se constituer à l'état d'Union pour la protection provisoire de la propriété industrielle, comme déjà se trouvent constitués, par une convention, l'établissement d'un bureau international des poids et mesures et, par des traités antérieurs, l'union postale dont les avantages ont été reconnus par tous.

Par cette convention, les États forment entre eux « une sorte de régime conventionnel, une sorte d'assurance mutuelle contre le plagiat et la contrefaçon » ainsi que le disait, M. *Teisserenc de Bort*, dans un discours d'ouverture.

Le congrès proclame tout d'abord implicitement, et c'est d'une importance extrême, la légitimité du droit des inventeurs et des auteurs industriels sur leurs œuvres, et des fabricants sur leurs marques de fabrique.

« Ce droit est un droit de propriété que la loi civile ne crée pas, qu'elle ne fait que réglementer. »

Différence considérable avec les idées d'autrefois, exprimées par M. Michel Chevalier, dans un travail officiel auquel j'ai fait réponse en 1863 ; différence notable avec les lois qui reposaient sur cette idée :

d'une concession généreuse de la Société à des individus qui ne tenaient leurs droits que de la bienveillance du législateur et devaient mériter cette bienveillance par des sacrifices sans nombre.

Le congrès de 1878 avait reconnu la légitimité des brevets d'invention et avait même protesté contre l'exclusion dont certains produits sont l'objet dans la législation de divers pays. Puis abordant la question si controversée de l'examen préalable, il avait voté cette résolution : « que le brevet doit être délivré à tout demandeur à ses risques et périls ; mais que, cependant, il est utile que le demandeur reçoive un avis préalable et secret, notamment sur la question de nouveauté, pour qu'il puisse, à son gré, maintenir, modifier ou retirer sa demande. »

Le congrès avait également donné une formule pour la définition des dessins et modèles industriels. Puis, il avait élaboré un véritable projet de loi en ce qui concerne les marques de fabrique et de commerce. Enfin, il avait déclaré que le nom commercial constituait une propriété du droit des gens, qui doit être protégée partout sans distinction de nationalité et sans obligation de dépôt.

Il faut comprendre que dans l'article 1^er^, ce mot « propriété industrielle » présente un sens général comprenant toutes les industries, y compris l'industrie agricole qui importe beaucoup à certains pays, spécialement au Portugal.

D'ailleurs dans le protocole de clôture, le paragraphe I explique nettement que :

« Les mots *propriété industrielle* doivent être entendus dans leur acception la plus large, en ce sens qu'ils s'appliquent, non seulement aux produits de l'industrie proprement dite, mais également aux produits de l'agriculture (vins, grains, fruits, bestiaux, etc.), et aux produits minéraux livrés au commerce (eaux minérales, etc.). »

Article 2.

« Les sujets ou citoyens de chacun des États contractants jouiront dans tous les autres États de l'Union, en ce qui concerne les brevets d'invention, les dessins ou modèles industriels, les marques de fabrique ou de commerce et le nom commercial, des avantages que les lois respectives accordent actuellement ou accorderont par la suite

aux nationaux. En conséquence, ils auront la même protection que ceux-ci et le même recours légal contre toute atteinte portée à leurs droits, sous réserve de l'accomplissement des formalités et des conditions imposées aux nationaux par la législation intérieure de chaque État. »

Il a été entendu que, pour le moment du moins, cet article ne concède aux étrangers d'un pays adhérent que les droits dont peuvent jouir les nationaux de ce pays.

Ainsi, les Pays-Bas et la Suisse n'ont pas encore de lois sur les brevets, ils vont en établir, mais jusqu'au moment où elles seront promulguées, les étrangers ne pourront prendre, dans ces pays, des brevets d'inventions pour la Suisse ou la Hollande, lorsque les nationaux de ces pays ne le pourraient pas.

Il a été convenu et mentionné au protocole de clôture : « que la disposition finale de l'article 2, ne porte aucune atteinte à la législation de chacun des États contractants, en ce qui concerne la procédure suivie devant les tribunaux et la compétence de ces tribunaux. »

De plus, il a fallu définir que sous le nom de *Brevets d'Inventions*, sont comprises les diverses espèces de brevets industriels, admises par les législations des États contractants, telles que : *Brevets d'importation*, *Brevets de perfectionnements*, etc.

Article 3.

« Sont assimilés aux sujets ou citoyens des États contractants, les sujets ou citoyens des États ne faisant pas partie de l'Union, qui sont domiciliés ou ont des établissements industriels ou commerciaux sur le territoire de l'un des États de l'Union. »

Cet article a été ajouté, par suite des difficultés soulevées dans la conférence par la question de savoir si les dispositions de la convention devaient être uniquement applicables aux ressortissants des États contractants, ou bien étendues aux sujets des États qui ne font pas partie de l'Union ; et il a été décidé que la convention serait applicable, non pas à tous les étrangers sans distinction, mais à ceux qui seraient domiciliés ou établis dans l'un des États de l'Union.

Article 4.

« Celui qui aura régulièrement fait le dépôt d'une demande de brevet d'invention, d'un dessin ou modèle industriel, d'une marque de fabrique ou de commerce dans l'un des États contractants, jouira, pour effectuer le dépôt dans les autres États, et sous réserve des droits des tiers, d'un droit de priorité pendant les délais déterminés ci-après.

« En conséquence, le dépôt ultérieurement opéré dans l'un des autres États de l'Union, avant l'expiration de ces délais, ne pourra être invalidé par des faits accomplis dans l'intervalle, soit notamment, par un autre dépôt, par la publication de l'invention ou son exploitation par un tiers, par la mise en vente d'exemplaires du dessin ou du modèle, par l'emploi de la marque.

« Les délais de priorité mentionnés ci-dessus seront de six mois pour les brevets d'invention, et de trois mois pour les dessins ou modèles industriels, ainsi que pour les marques de fabrique ou de commerce. Ils seront augmentés d'un mois pour les pays d'outre-mer. »

Cette disposition est justifiée par ce fait que la demande d'un brevet d'invention dans un pays, ou le dépôt d'un dessin ou d'une marque, déterminent souvent une publicité dont pourrait profiter une autre personne pour se hâter d'acquérir, dans un autre pays, la propriété de ces mêmes brevets, dessins ou marques, ou, du moins, de l'empêcher d'appartenir à l'inventeur ou au propriétaire.

Le droit de priorité, concédé par l'article 4, dans tous les États de l'Union, évite, non seulement cette manœuvre, mais présente en outre cet avantage considérable de ne pas imposer immédiatement à l'inventeur des dépenses pour la prise de brevets à l'étranger, et de lui permettre de ne prendre ces brevets que lorsqu'il saura déjà si son invention peut être utilement et avantageusement exploitée.

Le délai de six et sept mois pour les brevets, de trois et quatre mois pour les dessins et les marques est bien court, mais c'est un premier pas d'une importance extrême, et nous pouvons espérer que dans une revision de la convention, le délai d'un an et de treize mois sera proposé et accepté pour les brevets, et celui de six et de sept mois pour les dessins et marques.

En tous cas, on a compris qu'il fallait établir une différence d'un mois au moins pour les pays d'outre-mer.

Article 5.

« L'introduction par le breveté, dans le pays où le brevet a été délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou l'autre des États de l'Union, n'entraînera pas la déchéance.

« Toutefois le breveté restera soumis à l'obligation d'exploiter son brevet, conformément aux lois du pays où il introduit les objets brevetés. »

Cet article constitue une première dérogation à la législation française, en effet, la législation de 1844 dispose : que le fait d'introduire en France un objet breveté est une cause de déchéance ; de telle sorte que l'étranger qui s'est fait breveter en France, n'a pas le droit d'y faire entrer les objets qu'il fabrique dans un pays voisin en vertu d'un brevet analogue ; il ne peut même obtenir que très rarement et très difficilement la faveur d'y introduire un modèle pour faire connaître et apprécier ses produits et machines, et il résulte de là que, sauf en cas de succès considérable permettant l'établissement d'une fabrique en France, notre pays est privé pendant longtemps des moyens et machines qui assurent pendant ce temps la supériorité de fabrication et de vente à nos voisins plus heureux.

En effet, il n'y a qu'en France que la législation s'oppose absolument à l'introduction par le breveté d'objets fabriqués à l'étranger, tous les autres pays ont compris qu'une telle exclusion leur était nuisible.

On a reconnu en France, que cette disposition de la loi est barbare et inutile, qu'elle a été introduite par des protectionnistes, inintelligents des intérêts véritables du pays, et qu'elle ne répond pas à leur but puisqu'elle est de nature à porter de sérieux préjudices au commerce, sans aucun intérêt pour l'industrie.

Ainsi, Watt était breveté en 1769 en Angleterre et ne l'était pas en France ; il ne pouvait, par conséquent, empêcher nos manufacturiers de fabriquer, s'ils l'eussent voulu, et cependant c'est l'Angleterre qui a le plus vite et le mieux profité de la machine à vapeur de Watt, qui a produit un bénéfice de 64 millions à l'inventeur pendant les 35 années de son privilège.

La pompe à feu de Chaillot a été la première machine faite en

France d'après ce système; elle a été établie par les frères Périer, trente ans seulement après le premier brevet de Watt, et lorsque déjà l'Angleterre était couverte des machines de ce grand inventeur.

Nous ne sommes pas assez loin du moment où les machines à vapeur se sont répandues en France, pour qu'on ne se souvienne pas qu'elles n'ont été vulgarisées que bien tardivement dans notre pays, et cependant l'industrie était libre; il n'existait pas de brevet.

Jacquart est breveté en France à la date du 23 décembre 1801, et de suite il épuise son temps et ses forces pour persuader à ses compatriotes d'accepter son système; il lutte contre les patrons, il lutte contre les ouvriers, et ce n'est que vers 1819 qu'il réussit à faire triompher son système sur les procédés coûteux, pénibles, insalubres même, que son métier remplace avec tant d'avantages; son triomphe aurait été plus rapide si la durée trop courte de son brevet (10 ans), ne l'avait empêché de trouver le concours utile des capitalistes.

Cependant l'industrie française s'est trouvée en possession d'un métier qui a donné à Lyon et à la France, sur l'Angleterre, une suprématie telle qu'elle existe encore aujourd'hui, après soixante ans d'intervalle.

Supposez qu'il n'existât point de brevet à cette époque, Jacquart aurait tenu son invention secrète, et il se pourrait faire qu'aujourd'hui elle ne fût pas connue; ou bien, il se serait rendu en Angleterre, et là, il aurait trouvé la considération et la fortune que la France n'a pas su lui donner.

Enfin, si même il fût resté en France, il n'aurait pas mis à faire réussir son œuvre, la persistance qui seule a fait triompher son invention de la routine.

La preuve que l'invention a toujours besoin d'être propagée par quelqu'un qui y ait intérêt, c'est que l'Angleterre, où Jacquard n'avait pas de brevet, n'a possédé son métier qu'en 1820 seulement, lorsque la France entière l'avait mis en pratique.

Les Anglais étaient précédemment nos rivaux et nos maîtres dans cette industrie, mais le brevet Jacquart vint changer tout cela.

C'est en 1820 seulement qu'un nommé Lambert, un français, alla porter en Angleterre l'invention de Jacquart en se faisant donner un monopole, à la date du 11 avril 1820, pour quatorze années.

Si la loi anglaise n'eût pas permis d'accorder brevet aux inventions encores *inconnues* dans le pays, c'est bien plus tard que les Anglais

auraient possédé le métier Jacquart, et leur industrie aurait eu plus longtemps à souffrir de notre concurrence.

Par une modification législative qui va être présentée aux Chambres, la suppression de cette interdiction sera effectuée, et la loi de 1844, ainsi allégée, deviendra meilleure.

Quant à l'obligation d'exploiter, elle restera maintenue pour les pays qui la jugeront nécessaire et qui l'auront insérée dans leurs lois; signalons en passant que, ni l'Angleterre, ni les États-Unis n'ont imposé cette obligation, et cependant c'est dans ces pays que l'industrie fonctionne le mieux.

Article 6.

« Toute marque de fabrique ou de commerce, régulièrement déposée dans le pays d'origine, sera admise au dépôt et protégée telle quelle dans tous les autres pays de l'Union.

« Sera considéré comme pays d'origine le pays où le déposant a son principal établissement.

« Si ce principal établissement n'est point situé dans un des pays de l'Union, sera considéré comme pays d'origine celui auquel appartient le déposant.

« Le dépôt pourra être refusé si l'objet pour lequel il est demandé est considéré comme contraire à la morale ou à l'ordre public. »

Cet article a donné lieu à beaucoup de difficultés, parce que les législations des divers pays ne reconnaissent pas toutes comme marques, les mêmes signes, emblèmes, etc.

Dans certains pays une marque, admise par exemple en France, est refusée; quelques gouvernements tels que la Belgique, l'Italie, la Russie, la France, se sont préoccupés de cette situation, et ils ont conclu entre eux des arrangements aux termes desquels les marques d'un pays sont admises telles quelles dans l'autre, pourvu que le déposant fournisse la preuve qu'elles ont été régulièrement déposées dans le premier pays.

L'article 6 ne consacre pas le même ordre d'idées, par suite des observations faites spécialement, par l'Autriche où les chiffres ne peuvent servir de marque; par le Brésil où l'on n'admet pas comme marques

celles qui se composent exclusivement de chiffres ou de lettres; par les Pays-Bas, qui ont signalé la nécessité, pour tout déposant de marque, de publier au *Journal officiel* le dépôt exécuté, parce qu'il y a droit d'opposition pendant six mois par tous déposants antérieurs pour le cas où la nouvelle marque réclamée ne serait pas suffisamment distincte de l'ancienne.

D'autre part, l'Espagne a fait connaître ses objections relatives à l'interdiction formulée par la loi espagnole, de reproduire comme marques de fabrique les armoiries royales ou les insignes des ordres espagnols.

C'est à la suite de sérieuses discussions que le texte de l'article 6 a été définitivement adopté, et il a été décidé qu'une interprétation, à titre de commentaire, serait donnée; elle constitue le quatrième paragraphe du protocole de clôture, et se trouve ainsi conçue :

« 4. Le paragraphe 1^er^ de l'article 6 doit être entendu en ce sens, qu'aucune marque de fabrique ou de commerce ne pourra être exclue de la protection dans l'un des États de l'Union par le fait seul qu'elle ne satisferait pas, au point de vue des signes qui la composent, aux conditions de la législation de cet État, pourvu qu'elle satisfasse, sur ce point, à la législation du pays d'origine et qu'elle ait été, dans ce dernier pays, l'objet d'un dépôt régulier; sauf cette exception, qui ne concerne que la forme de la marque, et sous réserve des dispositions des autres articles de la convention, la législation intérieure de chacun des États recevra son application.

« Pour éviter toute fausse interprétation, il est entendu que l'usage des armoiries publiques et des décorations peut être considéré comme contraire à l'ordre public, dans le sens du paragraphe final de l'article 6. »

Article 7.

« La nature du produit sur lequel la marque de fabrique ou de commerce doit être apposée ne peut, dans aucun cas, faire obstacle au dépôt de la marque. »

Pour comprendre la portée de cet article, il faut savoir que dans certains pays, quand un fabricant ou un commerçant se présente pour déposer une marque de produits pharmaceutiques, par exemple, on

refuse d'enregistrer cette marque, parce que le produit n'aura pas été approuvé par le conseil d'hygiène et qu'il ne peut être mis en vente.

Or, la marque est absolument indépendante du produit, et il était intéressant que son propriétaire pût la faire enregistrer, afin de garantir ses droits pour le jour où le produit, aujourd'hui interdit, serait ultérieurement admis.

Article 8.

« Le nom commercial sera protégé dans tous les pays de l'Union, sans obligation de dépôt, qu'il fasse ou non partie d'une marque de fabrique ou de commerce. »

Cet article a paru nécessaire, en présence de la jurisprudence qui tend à prévaloir en France.

Le nom sous lequel on fait le commerce peut être seul ou accompagné d'emblèmes, et, dans ce dernier cas, il constitue une marque de fabrique. Or, il y a deux choses bien distinctes : le nom et l'emblème; la Cour de cassation a décidé, néanmoins, que si la marque de fabrique tombait dans le domaine public, le nom y tombait également; c'est cette jurisprudence et ses conséquences qu'il s'est agi de faire disparaître en stipulant que le nom ne tomberait en aucun cas dans le domaine public.

S'il est indiqué qu'il n'y a pas obligation de dépôt, cela tient à ce qu'il peut y avoir des législations qui imposent le dépôt du nom, de la même manière que celui des marques de fabrique, tandis que le but de l'article 8 est de protéger le nom, même sans dépôt, comme étant une propriété de droit commun.

Mais la convention ne protège pas le nom des Allemands, ou de tous autres sujets de pays non adhérents.

On avait mis : *sans distinction de nationalité*, mais cette indication a été supprimée après les observations de M. Jaggerschmidt.

Article 9.

« Tout produit, portant illicitement une marque de fabrique ou de commerce, ou un nom commercial, pourra être saisi à l'importation dans ceux des États de l'Union dans lesquels cette marque ou ce nom commercial ont droit à la protection légale.

« La saisie aura lieu à la requête, soit du ministère public, soit de la partie intéressée, conformément à la législation intérieure de chaque État. »

Ces dispositions de l'article 9 constitueront un avantage considérable pour les États de l'Union.

Les dispositions de la législation française, sur ce point, sont contenues dans l'article 19 de la loi du 25 juin 1857 sur les marques de fabrique lequel est ainsi conçu :

« Art. 19. Tous produits étrangers portant, soit la marque, soit le nom d'un fabricant résidant en France, soit l'indication du nom ou du lieu d'une fabrique française, sont prohibés à l'entrée et exclus du transit et de l'entrepôt, et peuvent être saisis, en quelque lieu que ce soit, soit à la diligence de l'administration des douanes, soit à la requête du ministère public ou de la partie lésée.

« Dans le cas où la saisie est faite à la diligence de l'administration des douanes, le procès-verbal de saisie est immédiatement adressé au ministère public.

« Le délai dans lequel l'action prévue par l'article 18 devra être intentée, sous peine de nullité de la saisie, soit par la partie lésée, soit par le ministère public, est porté à deux mois.

« Les dispositions de l'article 14 sont applicables aux produits saisis en vertu du présent article. »

Les dispositions de l'article 19 protégeront désormais les produits des États de l'Union.

Il faut remarquer que jamais, en France, la douane ne constate d'office une contrefaçon ; il faut que chaque négociant importateur, fasse une déclaration en douane pour les produits taxés à la valeur ; quand la douane suppose que la déclaration est mensongère, elle saisit les produits pour les faire expertiser.

Or, voici ce qui se passe : des draps fabriqués en Allemagne et destinés à l'Amérique passent en transit et l'on voit, en ouvrant les ballots, l'indication : *Drap de France* sur les trames, avec une marque de fabrique française.

Le fabricant est alors averti, il fait un procès, il le gagne, mais la douane n'intervient jamais directement, malgré la menace contenue dans l'article 19, qui sert d'épée de Damoclès pour épouvanter les contrefacteurs.

Article 10.

« Les dispositions de l'article précédent seront applicables à tout produit portant faussement, comme indication de provenance, le nom d'une localité déterminée, lorsque cette indication sera jointe à un nom commercial fictif ou emprunté dans une intention frauduleuse.

« Est réputé partie intéressée tout fabricant ou commerçant engagé dans la fabrication ou le commerce de ce produit, et établi dans la localité faussement indiquée comme provenance. »

Il fallait réprimer les contrefacteurs qui vendent à l'étranger du vin qualifié de *Champagne* par exemple, et qui mettent sur les bouteilles, pour mieux tromper l'acheteur, M. *Martin négociant à Reims*. Or, il n'y a pas, à Reims, de marchand de vin de Champagne du nom de *Martin*. La fraude serait donc impunie si l'on ne pouvait faire saisir les bouteilles, comme portant une fausse indication de provenance, il y a donc là des intérêts considérables protégés.

Il faut remarquer que cet article prohibe les produits portant une indication mensongère de provenance à l'entrée seulement des autres États, et que si le fait a lieu dans le pays même, cette disposition n'est pas applicable et les lois seules spéciales du pays peuvent agir ; d'autre part, on sait que partout l'on fabrique du vin de *Champagne*, de l'eau de *Cologne*, du cuir de *Russie*, du velours d'*Utrecht*, etc., etc., et ces mots n'indiquent pas la provenance, mais un genre de vin, d'eau ou de tissus, etc.

La contrefaçon n'existera que si l'on ajoute un nom commercial fictif, ou bien une indication de provenance fausse, dans le but de tromper l'acheteur sur le véritable lieu d'origine.

Article 11.

« Les hautes parties contractantes s'engagent à accorder une protection temporaire aux inventions brevetables, aux dessins ou modèles industriels, ainsi qu'aux marques de fabrique ou de commerce, pour les produits qui figureront aux Expositions internationales officielles ou officiellement reconnues. »

Cet article n'a donné lieu à aucune discussion, le principe en était adopté par tous, mais il faut rappeler que l'application n'en sera possible que dans les pays qui auront une loi de protection pour les brevets d'inventions, les dessins et les marques de fabrique, et la convention détermine que les États contractants prennent l'engagement d'établir des lois à cet effet, s'il n'en existe pas encore chez quelques-uns d'entre eux.

Il est évident que chaque pays, en faisant la loi nécessaire, songera nécessairement à protéger la période importante de l'installation; la France introduira les modifications convenables pour changer la loi générale des brevets de 1844, en y prévoyant les précautions suffisantes pour satisfaire à l'article 11, sans faire une loi spéciale pour chaque exposition, ainsi que cela s'est fait jusqu'à ce jour.

Article 12.

« Chacune des hautes parties contractantes s'engage à établir un service spécial de la propriété industrielle et un dépôt central, pour la communication au public, des brevets d'invention, des dessins ou modèles industriels et des marques de fabrique ou de commerce. »

Cet article a été adopté sans discussion, tout le monde étant convaincu de la nécessité d'une semblable mesure.

Cela existe en France mais dans de bien mauvaises conditions, l'Angleterre, les États-Unis et l'Allemagne sont bien supérieurs sur ce point.

Article 13.

« Un office international sera organisé sous le titre de *Bureau international de l'Union pour la protection de la propriété industrielle.*

Ce bureau, dont les frais seront supportés par les administrations de tous les États contractants, sera placé sous la haute autorité de l'administration supérieure de la confédération Suisse et fonctionnera sous sa surveillance. Les attributions en seront déterminées d'un commun *accord* entre les États de l'Union. »

Cet article est certainement l'un des plus importants de la convention, car il établit un lien commun entre les divers services, et le protocole de clôture règle l'exécution de cet article, par les paragraphes 5 et 6 que voici :

« 5. — L'organisation du service spécial de la propriété industrielle, mentionné à l'article 12, comprendra, autant que possible, la publication dans chaque État, d'une feuille officielle périodique.

« 6. — Les frais communs du bureau international, institué par l'article 13, ne pourront, en aucun cas, dépasser par année, une somme totale, représentant une moyenne de 2,000 francs par chaque État contractant.

« Pour déterminer la part contributive de chacun des États dans cette somme totale des frais, les États contractants, et ceux qui adhéreraient ultérieurement à l'Union, seront divisés en six classes contribuant chacune dans la proportion d'un certain nombre d'unités, savoir :

1re classe.	25 unités.
2e classe.	20 —
3e classe.	15 —
4e classe.	10 —
5e classe.	5 —
6e classe.	3 —

Ces coefficients seront multipliés par le nombre des États de chaque classe, et la somme des produits ainsi obtenus, fournira le nombre

d'unités par lequel la dépense totale doit être divisée. Le quotient donnera le montant de l'unité de dépense.

Les États contractants sont classés ainsi qu'il suit, en vue de la répartition des frais :

1re classe.	France, Italie.
2e classe.	Espagne.
3e classe.	Belgique, Brésil, Portugal, Suisse.
4e classe.	Pays-Bas.
5e classe.	Serbie.
6e classe.	Guatémala, Salvador.

L'administration suisse surveillera les dépenses du bureau international, fera les avances nécessaires et établira le compte annuel, qui sera communiqué à toutes les autres administrations.

Le bureau international centralisera les renseignements de toute nature relatifs à la protection de la propriété industrielle, et les réunira en une statistique générale qui sera distribuée à toutes les administrations ; il procédera aux études d'utilité commune intéressant l'Union et rédigera, à l'aide des documents qui seront mis à sa disposition par les diverses administrations, une feuille périodique, en langue française, sur les questions concernant l'objet de l'Union.

Les numéros de cette feuille, de même que tous les documents publiés par le bureau international, seront répartis entre les administrations des États de l'Union, dans la proportion du nombre des unités contributives ci-dessus mentionnées. Les exemplaires et documents supplémentaires qui seraient réclamés, soit par lesdites administrations, soit par des sociétés ou des particuliers, seront payés à part.

Le bureau international devra se tenir, en tout temps, à la disposition des membres de l'Union pour leur fournir, sur les questions relatives au service international de la propriété industrielle, les renseignements spéciaux dont ils pourraient avoir besoin.

L'administration du pays où doit siéger la prochaine conférence préparera, avec le concours du bureau international, les travaux de cette conférence.

Le directeur du bureau international assistera aux séances de conférences et prendra part aux discussions sans voix délibérative. Il fera,

sur sa gestion, un rapport annuel qui sera communiqué à tous les membres de l'Union.

La langue officielle du bureau international sera la langue française.

Article 14.

« La présente convention sera soumise à des revisions périodiques en vue d'y introduire les améliorations de nature à perfectionner le système de l'Union.

« A cet effet, des conférences auront lieu successivement, dans l'un des États contractants, entre les délégués desdits États.

« La prochaine réunion aura lieu en 1885, à Rome. »

Il avait été décidé, en 1880, que la réunion prochaine aurait lieu à Vienne, en souvenir de ce que c'est en Autriche, en 1873, que fut conçue l'idée d'une Union internationale; l'absence de l'Autriche, en 1883, a nécessité le changement de la ville indiquée, et, sur la proposition de la France, *Rome* a été choisie d'un commun accord.

Article 15.

« Il est entendu que les hautes parties contractantes se réservent respectivement le droit de prendre séparément, entre elles, des arrangements particuliers pour la protection de la propriété industrielle, en tant que ces arrangements ne contreviendraient point aux dispositions de la présente convention. »

Cet article 15 ne peut souffrir de difficultés d'interprétation.

Article 16.

« Les États qui n'ont point pris part à la présente convention seront admis à y adhérer, sur leur demande.

« Cette adhésion sera notifiée par la voie diplomatique au gouvernement de la Confédération suisse, et par celui-ci à tous les autres.

Elle emportera, de plein droit, accession à tous les avantages stipulés par la présente convention. »

Il n'est besoin d'aucun commentaire pour cet article, dont l'impor-

tance est considérable, cependant nous devons signaler que, le 10 mars 1883, à propos des États-Unis et de leur accession probable, il a été décidé, à l'unanimité, avec adhésion de M. *Morton*, délégué officiel des États-Unis, que la mention suivante serait insérée au procès-verbal de ladite séance.

« La conférence est d'avis que le gouvernement fédéral suisse est autorisé à accepter l'accession des États-Unis d'Amérique, sous la réserve formulée au quatrième paragraphe du projet de protocole de clôture de 1880. »

Cette réserve était ainsi conçue :

« 4. Le plénipotentiaire des États-Unis d'Amérique ayant déclaré qu'aux termes de la constitution fédérale le droit de légiférer, en ce qui concerne les marques de fabrique ou de commerce, est, dans une certaine mesure, réservé à chacun des États de l'Union américaine, il est convenu que les dispositions de la convention ne seront applicables que dans les limites des pouvoirs constitutionnels des hautes parties contractantes. »

Les conséquences de cette réserve dans la pratique sont relatives aux marques de fabrique, tandis que les brevets d'invention et les dessins se trouveraient soumis de suite aux conditions de la convention internationale, si les États-Unis adhèrent prochainement, ainsi qu'il est permis de l'espérer.

Article 17.

« L'exécution des engagements réciproques contenus dans la présente convention est subordonnée, en tant que de besoin, à l'accomplissement des formalités et règles établies par les lois constitutionnelles de celles des hautes parties contractantes qui sont tenues d'en provoquer l'application, ce qu'elles s'obligent à faire dans le plus bref délai possible. »

Il résulte de ce texte que la France s'est engagée à présenter, dans le plus bref délai possible, un projet de loi modifiant la loi de 1844, et que la Suisse et la Hollande présenteront de même des projets de loi pour établir, dans ces pays, la protection des brevets d'invention. »

Article 18

« La présente convention sera mise à exécution dans le délai d'un mois, à partir de l'échange des ratifications et demeurera en vigueur pendant un temps indéterminé, jusqu'à l'expiration d'une année, à partir du jour où la déclaration en sera faite.

« Cette dénonciation sera adressée au gouvernement chargé de recevoir les adhésions. Elle ne produira son effet qu'à l'égard de l'État qui l'aura faite, la convention restant exécutoire pour les autres parties contractantes. »

Il était nécessaire d'indiquer cette faculté, mais il est probable qu'un État, après avoir joui des bénéfices résultant de l'adhésion, ne renoncera pas plus à ce progrès qu'il ne renoncera aux avantages des traités relatifs aux poids et mesures et à ceux de l'union postale.

Article 19.

« La présente convention sera ratifiée, et les ratifications en seront échangées à Paris dans le délai d'un an, au plus tard. »

Nous devons donc attendre encore une année au moins avant que la convention que nous venons d'analyser puisse être mise en vigueur, mais cette espérance est consolante, et il est fort probable qu'à cette époque les États-Unis et l'Angleterre auront adhéré, ainsi que la Russie.

Certes, cette convention n'est pas une panacée pour les crises industrielles et commerciales, car il n'en existe pas d'autres que le travail assidu et bien dirigé, l'économie intelligente, la bonne répartition et la solidarité des forces sociales, comprenant : les soldats, les marins, les ouvriers et les patrons, les travailleurs de la tête et de la main.

Mais un pas nouveau est fait par de nombreux pays, sur l'initiative de la France et sous sa direction intelligente et bienveillante, pour établir une solidarité profitable entre les citoyens ou sujets de tous les gouvernements adhérents.

C'est un acte de justice, conçu dans la pensée de protéger l'industrie et le commerce contre toute concurrence déloyale et stérile, en laissant le champ libre à la concurrence légitime et fertile.

Le gouvernement de la République française a su obtenir la réalisation de cette convention difficile, par l'habileté qu'il a eu de limiter à certains points principaux la discussion et les résolutions à prendre, et de se livrer à la mise à l'étude des questions de principes qui fourniront la base d'une union susceptible d'être perfectionnée dans l'avenir.

Il faut remarquer, en effet, qu'on a évité avec soin de régler les détails, en ménageant, autant que possible, les législations divergentes des États appelés à former l'Union de la propriété industrielle, et c'était le seul moyen d'arriver à une solution pratique.

L'établissement d'un organe central, d'un bureau international, approuvé par l'unanimité des délégations des États représentés dans les conférences de 1878, 1880 et 1883, est de nature à inspirer grande confiance dans le développement ultérieur de cette Union.

Mais, pour terminer notre étude, il nous reste encore à vous indiquer quelles seront les conséquences pratiques de cette convention internationale, et ces conséquences vous intéressent spécialement comme ingénieurs civils, occupés de chemins de fer, d'électricité, de métallurgie, de machines-outils, de constructions et d'industries diverses touchant aux tissus, à la sucrerie, à la papeterie, à l'éclairage, aux mines, etc.

Le succès d'un pays tient surtout au développement rapide de son industrie et de son commerce, à la connaissance et à l'emploi des moyens les plus rapides, les plus sûrs et les plus économiques.

Or, le meilleur moyen pour obtenir un résultat, c'est d'intéresser à son obtention ceux qui peuvent le favoriser, et la pratique le démontre.

Si l'Angleterre possède une grande industrie, c'est le résultat des travaux de tous les inventeurs et ingénieurs du monde entier, depuis 1623 jusqu'en 1789, c'est-à-dire pendant 166 ans, car c'est à partir de 1623 que l'Angleterre jugea utile pour ses intérêts d'accorder des privilèges temporaires à ceux qui lui apportaient des avantages permanents.

Le calcul était juste, et la pratique l'a si bien démontré que tous les peuples civilisés ont suivi l'exemple de l'Angleterre, et si l'industrie française a quelque valeur, c'est que, depuis 1791 et surtout depuis 1844, elle a conservé en partie les hommes de génie inventif qui lui rendirent de si grands services, comme Nicolas *Leblanc*, qui nous

donna la soude factice pendant les guerres de notre première révolution, ce qui a permis à l'industrie française du verre, du savon, etc., de reprendre les travaux suspendus par l'absence des soudes d'Espagne ; et, comme Jacquart, le perfectionneur de notre métier *Vaucanson*, dont l'influence fut si considérable, etc.

Il ne serait pas possible de citer tous les grands inventeurs français et les services par eux rendus à notre pays, une seule conférence spéciale y suffirait à peine ; ce que je puis rappeler, c'est que pendant 166 années, durant lesquelles l'Angleterre fut seule à donner des privilèges aux inventeurs, la France, pour son compte, lui envoya des inventions importantes parmi lesquelles je citerai : le balancier pour frapper les médailles, le moulin à papier et à cylindre, le métier à bas, la teinture du coton en rouge, un nouveau métier à gaze, une nouvelle matrice pour la monnaie, etc., etc.

Voici qu'à notre tour nous prenons des dispositions pour reprendre notre place, car l'une des heureuses conséquences de la convention internationale, c'est qu'une loi nouvelle sera édictée ; cette loi comprendra nécessairement :

1° La suppression, pour satisfaire à l'article 5 de la convention, du paragraphe 3° de l'article 32 de la loi de 1844, qui concernait les déchéances et se formulait ainsi :

Art. 32. Sera déchu de tous ses droits :

1°, 2°, 3° « Le breveté qui aura introduit en France des objets fabriqués en pays étranger et semblables à ceux qui sont garantis par son brevet, etc., etc. »

2° Un article disant : que celui qui aura régulièrement fait le dépôt d'une demande de brevet d'invention dans l'un des États adhérents à la convention, jouira, pour effectuer le dépôt dans les autres et sous réserve des droits des tiers, d'un droit de priorité de six mois, augmenté d'un mois pour les pays d'outre-mer. (Voir art. 2, 3, 4 de la Convention.)

3° L'accord d'une protection temporaire aux inventions brevetables, pour les produits figurant dans ses expositions internationales officielles, ou bien officiellement reconnues (art 11).

Il faudra de même modifier les lois sur les marques de fabrique et les dessins industriels par des lois nouvelles.

Mais l'occasion se trouvera favorable pour modifier en même temps

tout ce qui concerne les publications des brevets, qui sont dans un état regrettable d'infériorité vis-à-vis de l'Angleterre, des États-Unis et de l'Allemagne ; en effet, pour avoir la copie officielle d'un brevet, il faut aujourd'hui payer tout d'abord à l'État une taxe de 25 francs pour un brevet, de 20 francs pour chaque addition, et en plus, faire à ses frais, les calques des dessins au ministère, qui ne permet ces copies que depuis onze heures jusqu'à trois heures, soit pendant quatre heures par jour seulement.

Au contraire, moyennant un prix qui ne s'élève que rarement à 2 francs, et qui souvent est au-dessous de un franc, les trois pays plus haut cités livrent chaque brevet imprimé avec les dessins lithographiés ou gravés, à toute personne qui les réclame, ce qui permet à chaque manufacturier de posséder chez lui la collection de tous les brevets qui peuvent intéresser son industrie.

En outre, des résumés sont publiés, relatifs à chaque industrie, pour faciliter les recherches et l'on peut, à toute distance de la capitale, être renseigné, mieux qu'il n'est possible de l'être aujourd'hui en allant au ministère et au Conservatoire prendre connaissance des documents officiels, dont beaucoup sont toujours absents pour une cause ou pour une autre.

On réclamera, par suite, la suppression de la dernière partie de l'article 11 ainsi conçue :

« Toute expédition ultérieure, demandée par le breveté ou ses ayants cause, donnera lieu au payement d'une taxe de 25 francs. Les frais de dessin, s'il y a lieu, demeureront à la charge de l'impétrant. »

Et la dernière partie de l'article 22 :

« Tous ceux qui auront droit de profiter des certificats d'addition pourront en lever une expédition au ministère de l'agriculture et du commerce, moyennant un droit de 20 francs. »

Par suite de l'impression immédiate et nécessaire de tous les brevets, on se verra forcé de réclamer, pour les dessins déposés, des dimensions et conditions spéciales ; mais depuis longtemps déjà l'Angleterre, les États-Unis, la Belgique, l'Italie et l'Allemagne, ont adopté ces mêmes mesures de dimensions déterminées, dans le but de faciliter les publications à faire, et personne ne s'est plaint.

J'ai dressé un tableau spécial pour les États principaux du monde industriel, et il est facile de se rendre compte que, dans la prochaine

réunion de la convention de revision à Rome en 1885, il sera facile d'uniformiser les dimensions à imposer, de façon à faciliter les demandes de brevets d'invention dans tous les pays, lorsqu'elles comporteront des dessins.

Mais je ne puis tout dire aujourd'hui, et je termine cette communication en exprimant l'espoir que la France, par son heureuse initiative, saura reprendre le rang que lui assurent l'intelligence de conception et l'habileté d'exécution de ses enfants, grâce au nouvel esprit qui anime nos gouvernants et les porte en tête des nations qui avaient profité de notre négligence et de nos discussions pour marcher en avant dans la protection des droits des inventeurs et obtenir ainsi la supériorité de leur industrie.

C'est surtout pour les ingénieurs civils français que ces modifications sont heureuses, puisque la mise en pratique des inventions exige presque toujours leur concours, sans lequel aucune d'elles ne peut réussir.

L expérience m'a prouvé que tous les hommes possédaient une certaine intelligence dont l'expression est loin d'être égale pour tous ; si chez les uns, elle peut se chiffrer par 10, il est certain que chez beaucoup d'autres, et spécialement pour les hommes d'étude, elle doit se chiffrer par 100, ce qui, par parenthèse, démontre que l'égalité n'est pas possible entre les hommes de cette terre, quoi qu'on fasse et quoi qu'on veuille.

Mais, ce qui est plus inégal encore, c'est le mode de répartition des forces possédées : chez les uns, la répartition des forces se fait également entre la science des affaires, la connaissance des sciences, la mémoire, l'habileté de direction, d'organisation, la puissance d'apprendre et de s'assimiler, la facilité d'exprimer ce que l'on sait et même ce que l'on devine, les facultés artistiques, la puissance de conception et de réflexion, d'expression ou d'imagination, etc., mais alors, sauf des cas bien exceptionnels, l'homme ainsi équilibré est dans la bonne moyenne, mais ce n'est jamais un génie.

Au contraire, lorsque sur 100 à répartir, 90 se trouvent d'un seul côté, vous obtenez un grand homme, un homme de génie, dans une spécialité, c'est un Watt, un Jacquart, un Fulton, un Cort, un Stephenson, un Ruhmkorff, un Nicolas Leblanc, un Ackwright, un Giffard, etc., pour ne parler que de ceux qui sont morts et qui sont connus de nous tous, ou bien un Raphaël, un Rubens, un Poussin, etc.

si c'est un peintre ; un Michel-Ange, un Jean Goujon, etc., si c'est un statuaire ; un Molière, un Shakespeare, un Gœthe, etc., s'il s'agit de littérateurs et de poètes à noms bien connus, etc., etc.

Dans tous ces cas, il ne reste plus que 10 à répartir pour les affaires autres que celles qui absorbent 90 de forces.

Il faut donc que des ingénieurs, des manufacturiers, des organisateurs, des conseils financiers assistent les hommes de génie, sans quoi le découragement vient les saisir, le succès ne leur est pas favorable et quelquefois la misère seule *récompense* leur devouement leur science et leur génie.

Autrefois, les rois, les princes et les grands seigneurs soutenaient les artistes et les grands hommes, qui sans eux ne pouvaient rien, mais lorsqu'une puissance savait les protéger, ils lui donnaient en échange une gloire et une renommée éternelle, comme pour François I^{er}, Louis XIV, etc.

Vous le voyez, Messieurs, l'expérience nous apprend que, pour réussir dans ce monde, il faut solidariser les efforts des ingénieurs avec ceux des inventeurs qui ne possèdent pas les facultés nécessaires, et c'est ce que je répète chaque jour à ceux qui inventent, c'est pour cela que je me suis permis de vous le dire aujourd'hui, un peu trop longuement peut-être, mais sous une forme qui vous est familière, puisque vous avez l'habitude de vous servir de toutes les forces de la nature et des vôtres pour le progrès de la France et de l'humanité.

STATIQUE

DEUXIÈME COMMUNICATION

PRINCIPALES APPLICATIONS

DU PRINCIPE DES VITESSES VIRTUELLES

PAR M. **PIARRON DE MONDÉSIR**.

Dans ma précédente communication [1] je vous ai dit que Lagrange avait donné du théorème des vitesses virtuelles une démonstration directe fondée sur le principe des poulies, ou plus exactement, sur le principe des moufles.

Cette démonstration est très originale.

Quand on la lit dans Lagrange lui-même, elle n'est pas des plus faciles à comprendre, parce que l'auteur de la *Mécanique analytique* s'est imposé, comme condition absolue, de ne donner aucune figure dans son ouvrage. Poisson l'a reproduite, dans son *Traité de mécanique*, en l'accompagnant de figures.

Je vous demanderai la permission de vous en dire ici quelques mots, puisque nous sommes sur le terrain de la statique, et surtout à cause du grand nom de l'auteur.

Lagrange commence par remplacer toutes les puissances qui tiennent le système en équilibre par une série de poids, ainsi que je l'ai fait moi-même, imitant son exemple.

Il remplace ensuite chacun de ces poids par un certain poids K, agissant par l'intermédiaire d'une paire de moufles qu'il intercale sur le cordon qui soutient le poids, comme on intercale un dynamomètre sur une corde dont on veut mesurer la tension.

1. Voir le *Bulletin* de juillet 1882, p. 8.

Pour fixer les idées, je supposerai qu'il n'y a dans le système que trois puissances, et par suite trois cordons soutenant trois poids, qui seront, par exemple, de 16, 18 et 20 kilogrammes (fig. 1, pl. 59).

Chacun de ces trois poids, $P = 16$, $P_1 = 18$ et $P_2 = 20$, sera remplacé par un poids K égal à deux kilogrammes. La paire de moufles (M, F), intercalée sur le cordon qui soutient le poids P, aura 8 brins, celle (M_1, F_1), relative au poids P_1, aura 9 brins, celle (M_2, F_2), relative au poids P_2, aura 10 brins, tous ces brins étant supposés parallèles.

Il est clair que dans ces conditions le système se trouvera maintenu en équilibre par les trois poids égaux K, aussi bien qu'il l'était avant par les trois poids inégaux P, P_1 et P_2.

Mais Lagrange ne s'arrête pas à cette première transformation. Il fait ensuite embrasser toutes les poulies des moufles (fig. 5) par un même fil, substitue un seul poids K à l'ensemble des poids égaux, et maintient ainsi le système en équilibre avec le seul poids K.

Il est incontestable que l'équilibre subsiste comme avant; mais il est à remarquer que le système se trouve ainsi *embarré* et ne peut plus prendre aucun mouvement, si petit qu'il soit. En effet, une descente quelconque du poids unique K aurait pour résultat de rapprocher toutes les moufles mobiles M des moufles fixes F, et de provoquer ainsi une descente générale de tous les poids P. Or un tel effet est impossible, puisque dans un système en équilibre il y a nécessairement une partie des poids qui remonte quand l'autre descend.

C'est de cet appareil original que Lagrange déduit le théorème des vitesses virtuelles, que l'équilibre du système soit stable ou instable.

Je ne me permettrai pas de critiquer cette démonstration; je me bornerai à faire remarquer qu'elle n'a pas été trouvée absolument rigoureuse par M. Bertrand, qui est fort compétent en ces matières.

Quoi qu'il en soit, c'est la seule connue qui ne s'appuie pas, soit sur le levier, soit sur le parallélogramme des forces. Elle s'appuie sur un principe plus simple, mais qu'on ne saurait cependant considérer comme un axiome.

Vous voyez, Messieurs, que cette importante question n'a pas été complètement élucidée jusqu'à ce jour, et que l'étude que je vous présente aujourd'hui a bien sa raison d'être.

Le grand principe moderne de la conservation du travail transformé permet de résoudre cette question avec toute l'exactitude désirable.

Cette notion est, en effet, indispensable pour pénétrer sûrement dans le domaine de la statique et de la mécanique.

C'est un outil, permettez-moi cette comparaison, sans lequel le plus habile ouvrier ne parviendra pas à construire tel mécanisme donné avec toute la précision requise, tandis qu'un ouvrier ordinaire, ayant cet outil en main, arrivera sans peine à produire ce mécanisme avec toute l'exactitude voulue.

Mon objectif serait de baser toute la statique sur ce grand principe qui peut être, plus que tout autre, considéré comme un axiome.

Pour cela il était nécessaire d'en faire ressortir tout d'abord le théorème des vitesses virtuelles, parce que tout le reste peut s'en déduire sans difficulté.

Lagrange avait bien compris la question de cette manière, et nous ne saurions mieux faire que de suivre son exemple, tout en profitant des conquêtes de la science moderne pour perfectionner, et surtout pour simplifier les méthodes adoptées par l'illustre auteur de la *Mécanique analytique*.

Lagrange se complaît dans les régions élevées de l'analyse. Il considère cette science comme la plus belle, comme la première entre toutes. Il va même jusqu'à dire, dans l'avertissement de la première édition de son ouvrage, que *la mécanique peut être considérée comme une branche de l'analyse*. On comprend alors que Lagrange, après avoir établi tout d'abord le théorème des vitesses virtuelles, ne se soit point astreint à l'appliquer, pour ainsi dire, terre à terre, aux autres principes de la statique et aux machines principales. Il procède d'une manière générale, dédaignant les détails d'une application particulière, et se borne à donner des équations d'une grande généralité, applicables à tel ou tel cas, laissant au lecteur le soin de faire lui-même ces applications.

Nous ne saurions procéder ainsi dans cette enceinte.

Tout le monde ne peut pas suivre Lagrange sur les sommets de l'analyse, et, disons-le de suite, avec toute l'humilité qui convient à des travailleurs qui cherchent, avant tout, à se rendre utiles, il n'est nullement nécessaire de s'élever si haut pour étudier la question de l'équilibre.

Je vais donc me borner ici à faire simplement ce que Lagrange ne fait qu'indiquer dans des formules très savantes et très compliquées, ce qu'aucun auteur n'a fait jusqu'à présent, du moins à ma

connaissance, c'est-à-dire à appliquer le théorème des vitesses virtuelles à la démonstration des trois principes que j'ai énoncés au commencement de ma première communication, ainsi qu'à l'établissement des conditions de l'équilibre des principales machines que l'on considère en statique.

1° **Principe du levier.** — Je considère un levier de forme quelconque, dont le point d'appui est en O, et dont les points d'application des deux puissances, P et R, qui le maintiennent en équilibre, sont en A et B (fig. 3).

Quelle que soit la forme de ce levier, comme je ne tiens ici aucun compte du poids de ses branches, je puis le remplacer par le levier coudé BOA, formé par une tige brisée supposée inflexible et impondérable.

Je considère le cas le plus général, celui ou les directions des deux puissances P et R font des angles quelconques avec celles des deux branches OA et OB, dans le plan du levier.

Je remplace les deux puissances par des poids P et R, au moyen des deux poulies de renvoi I et K.

Le théorème des vitesses virtuelles donne ici :

$$(1) \qquad Pp = Rr.$$

Du point d'appui O j'abaisse les deux perpendiculaires OM et ON aux directions AI et BK des puissances P et R; puis de ce point, comme centre, je décris les arcs infiniment petits AA′ et BB′, correspondant au même angle δ et aux déplacements infiniment petits p et r.

Enfin, des deux points I et K, comme centres, je décris les arcs infiniment petits A′A″ et B′B″.

La figure AA′A″, formée par une ligne droite et deux arcs, infiniment petits tous les trois, peut être considérée comme un triangle rectiligne. Il est facile de voir que ce petit triangle est semblable au triangle AOM. Leurs côtés sont, en effet, respectivement perpendiculaires, savoir : AA′ à OA, AA″ à OM et A′A″ à AM. Cette similitude nous donne la proportion :

$$AA'' : OM :: AA' : OA.$$

Il est clair, d'ailleurs, que la descente p est égale à AA″, de même que la montée r est égale BB″.

La proportion ci-dessus nous donnera donc, en y remplaçant AA″ par p :

$$(a) \qquad p \times OA = AA' \times OM.$$

La similitude des deux triangles BB′B″ et BON nous donnera de même :

$$(b) \qquad r \times OB = BB' \times ON.$$

Observons maintenant que les deux arcs AA′ et BB′, mesurant le même angle δ dans des cercles de rayon OA et OB, sont proportionnels à ces rayons, ce qui nous donne une troisième équation :

$$(c) \qquad \frac{AA'}{BB'} = \frac{OA}{OB}.$$

La division de (a) par (b) nous donne :

$$\frac{p}{r} \times \frac{OA}{OB} = \frac{AA'}{BB'} \times \frac{OM}{ON},$$

soit, à cause de l'équation (c),

$$\frac{p}{r} = \frac{OM}{ON}.$$

Mais l'équation (1) nous donne ;

$$\frac{p}{r} = \frac{R}{P}.$$

Nous obtenons donc, finalement, pour la condition d'équilibre du levier, sous l'influence de deux forces P et R agissant dans son plan :

$$(2) \qquad P \times OM = R \times ON.$$

Cette condition est unique, par la raison qu'en sollicitant l'un quelconque des deux poids, P et R, à descendre et l'autre à remonter, on arrivera toujours à l'équation (2).

Ainsi, pour l'équilibre de cet appareil il faut et il suffit que les produits de chaque puissance par *son bras de levier*, en d'autres termes, que les *moments* de chaque puissance, par rapport au point d'appui, soient égaux entre eux.

2° **Principe du parallélogramme des forces.** — Trois forces,

P, Q et R, appliquées au même point O, le maintiennent en équilibre dans l'espace.

Il s'agit de déterminer les conditions d'équilibre de ce système, en y appliquant le principe des vitesses virtuelles.

Ces conditions sont au nombre de deux : la première relative aux intensités, et la seconde relative aux directions de ces trois forces.

Soient : A l'angle formé par les directions des forces P et Q, B celui des directions des forces P et R, et C celui des directions des forces Q et R.

Remplaçons, comme nous le faisons toujours, les trois puissances par les trois poids P, Q et R, au moyen de trois poulies de renvoi, I, K et L, intercalées sur les directions de ces puissances (fig. 4).

Plaçons d'abord le poids infiniment petit r sur le poids R.

Le point O viendra en O′, sur la direction de la force R, parce qu'il n'y a aucune raison pour que ce point s'écarte de la direction OL, suivant laquelle il est sollicité.

La descente r du poids R sera donc égale à OO′.

Si maintenant nous décrivons des points I et K, comme centres, les deux arcs infiniment petits OG et OH, il est visible que la montée p du poids P sera égale à O′G, et que la montée q du poids Q sera égale à O′H.

Le principe des vitesses virtuelles nous donne donc d'abord :

$$R \times OO' = P \times O'G + Q \times O'H. \qquad (3)$$

Nous tirons maintenant des deux triangles infiniment petits OO′G et OO′H, les relations :

$$O'G = OO' \cos OO'I = -OO' \cos B,$$
$$O'H = OO' \cos OO'K = -OO' \cos C,$$

en regardant comme nuls les deux angles infiniment petits OIO′ et OKO′.

L'équation (3) prend alors la forme suivante :

$$R + P \cos B + Q \cos C = o. \qquad (3\ bis)$$

En plaçant successivement le poids supplémentaire ε sur chacun des trois poids R, P et Q, il est clair que nous obtiendrons le groupe d'équations :

$$(4)\qquad \begin{cases} R + P\cos B + Q\cos C = o, \\ P + Q\cos A + R\cos B = o, \\ Q + P\cos A + R\cos C = o. \end{cases}$$

Éliminons dans ces trois équations *cos* B et *cos* C, et nous aurons, toutes réductions faites :

$$(5)\qquad R^2 = P^2 + Q^2 + 2\,P\,Q\cos A.$$

Prenons maintenant sur les directions des deux forces P et Q, les longueurs O*a* et O*b* proportionnelles aux intensités de ces forces, et construisons le parallélogramme O*bca*.

Si nous désignons par D la diagonale O*c* de ce parallélogramme, il est clair que nous aurons, en remplaçant O*a* par P et O*b* par Q :

$$D^2 = P^2 + Q^2 + 2\,P\,Q\cos A = R^2.$$

La première condition de l'équilibre des trois forces P, Q et R, appliquée en un même point O dans l'espace, se formule donc ainsi :

L'intensité de la troisième force R est égale à la diagonale du parallélogramme construit sur les deux lignes qui représentent les intensités des deux premières forces P et Q.

Il nous faut maintenant établir la condition relative aux directions des trois forces.

Pour cela, élevons au quarré la première des équations (4), elle nous donnera :

$$R^2 = P^2\cos^2 B + Q^2\cos^2 C + 2PQ\cos B\cos C.$$

Retranchons cette dernière équation de l'équation (5), il viendra :

$$P^2\sin^2 B + Q^2\sin^2 C + 2PQ\,(\cos A - \cos B\cos C) = o.$$

Puis en retranchant et ajoutant 2 PQ *sin* B *sin* C, nous aurons finalement :

$$(6)\quad (P\sin B - Q\sin C)^2 + 2\,PQ\,[\cos A - \cos(B + C)] = o,$$

à cause de la relation connue,

$$\cos(B + C) = \cos B\cos C - \sin B\sin C.$$

Or l'équation (6) nous indique que les trois angles plans A, B et C ne peuvent former un angle trièdre, car dans ce cas on aurait

$\cos A > \cos (B + C)$, et cette équation (6) serait impossible, puisque la somme de deux quantités positives ne peut pas être égale à *o*.

Il faut donc que l'on ait séparément :

$$P \sin B = Q \sin C \qquad \text{et} \qquad \cos A = \cos (B + C).$$

Ces deux conditions, dont l'une est la conséquence de l'autre, se résument en celle-ci :

La somme des trois angles A, B et C, que forment entre elles les directions des trois forces P, Q et R, est égale à quatre angles droits.

Par conséquent, *les directions des trois forces sont dans le même plan.*

Ainsi, dans cet exemple, le principe des vitesses virtuelles nous a donné toutes les conditions de l'équilibre.

Il en sera toujours de même parce que la généralité du principe est absolue.

Je crois inutile de développer ici les conséquences de la règle du parallélogramme des forces, en ce qui touche la composition et la décomposition des forces qui concourent en un même point. Ce serait suivre un chemin connu de vous tous, et mon but n'est pas de faire ici une leçon de statique.

3° **Principe des trois forces parallèles.** — Soient : P, Q et R trois forces parallèles qui maintiennent en équilibre, dans l'espace, une tige droite AOB supposée rigide et impondérable.

Les trois forces étant remplacées par trois poids suspendus par des des cordons passant sur les poulies de renvoi I, K et L, je place d'abord sur le poids R la surcharge infiniment petite ε (fig. 5).

Le point d'application O, de la force R, viendra en O′, sur la direction OL de cette force, puisqu'il n'y a aucune raison pour qu'il dévie plutôt à gauche qu'à droite de cette direction. De plus, la tige AOB prendra la direction A′O′B′, parallèle à AOB, parce qu'il n'y a aucune raison pour que cette tige tourne autour du point O′ plutôt dans un sens que dans un autre.

Il résulte de là que si le poids R descend d'une certaine hauteur *r*, les deux poids P et Q doivent remonter chacun à une hauteur égale à *r*. Le théorème des vitesses virtuelles donne alors :

$$(7) \qquad R = P + Q.$$

C'est la première condition d'équilibre de trois forces parallèles, dont l'une est dirigée en sens contraire des deux autres.

Mais cette condition est évidemment insuffisante ; il nous en faut trouver une seconde.

Pour cela (fig. 6), plaçons la surcharge ε sur le poids P. Que va-t-il se passer ?

Le poids P descendra évidemment; mais le poids R restera immobile.

Il n'y a, en effet, aucune raison pour que le poids R se déplace plutôt de haut en bas que de bas en haut. Alors la tige tournera autour du point O, resté fixe, et le système se comportera comme un levier droit, dont le point d'appui serait en O, et qui se tiendrait en équilibre sous l'influence des deux forces P et Q.

Les longueurs OA et OB étant proportionnelles aux bras de levier de ces deux forces, la seconde condition d'équilibre sera exprimée par l'équation :

$$P \times OA = Q \times OB. \tag{8}$$

Ce qui signifie que le point d'application O de la force R, qui agit en sens contraire des deux forces P et Q, doit diviser la longueur de la tige en parties inversement proportionnelles aux intensités de ces deux forces.

Nous voyons ainsi ressortir directement du théorème des vitesses virtuelles les deux conditions nécessaires pour l'équilibre d'une tige sollicitée par trois forces parallèles.

4° **Le plan incliné.** — Considérons maintenant l'équilibre d'une chaîne homogène et pesante qui pend sur les deux côtés d'un triangle quelconque, obtenu par la coupe verticale de deux plans inclinés dos à dos.

Soit ABC ce triangle, et α et β les deux angles DAB et DAC, que les deux côtés AB et AC font avec la verticale AD (fig. 7).

Quelle sera la condition d'équilibre de la chaîne dont la masse est μ par mètre courant ?

Pour l'obtenir, je vais appliquer ici l'équation $So = S$, en comparant entre elles deux positions infiniment rapprochées de la chaîne.

Soient $Ad = \lambda$ et $Ac = \lambda'$ les deux longueurs partielles de la chaîne, dont les milieux sont en G et en K. Soient, en outre, $GM = H$ et

KN = H′ les hauteurs de ces deux points au-dessus du plan horizontal CB.

Supposons que la chaîne prenne un mouvement infiniment petit, à la suite duquel l'extrémité d descendra en d', et l'extrémité c remontera en c', sur la longueur commune e.

A l'origine de ce mouvement, les potentiels statiques des portions de chaîne λ et λ', par rapport au plan horizontal CB, sont égaux à leurs poids respectifs $\mu g\lambda$ et $\mu g\lambda'$, multipliés par les hauteurs correspondantes, H et H′, comme si toute la masse homogène était concentrée au milieu de sa longueur. Nous aurons donc :

$$So = \mu g \lambda H + \mu g \lambda' H'.$$

A l'instant où d est descendu en d', et c remonté en c', nous aurons en observant que la descente du point G et que la montée du point K, le long des plans inclinés, sont toutes deux égales à $\frac{e}{2}$:

$$S = \mu g (\lambda + e)\left(H - \frac{e}{2}\cos\alpha\right) + \mu g (\lambda' - e)\left(H' + \frac{e}{2}\cos\beta\right).$$

Égalons ensemble ces deux quantités de travail, négligeons les termes en e^2 et nous obtiendrons, après réduction :

$$(9) \qquad H - H' + \frac{\lambda' \cos\beta}{2} - \frac{\lambda \cos\alpha}{2} = 0.$$

Observons maintenant que

$$H = AD - \frac{\lambda \cos\alpha}{2} \quad \text{et} \quad H' = AD - \frac{\lambda' \cos\beta}{2},$$

d'où

$$H - H' = \frac{\lambda' \cos\beta}{2} - \frac{\lambda \cos\alpha}{2},$$

et nous aurons finalement :

$$(10) \qquad \lambda' \cos\beta = \lambda \cos\alpha.$$

Ainsi, *pour qu'une chaîne homogène soit en équilibre sur deux plans inclinés, il faut que ses deux extrémités soient sur la même horizontale.*

Ce théorème remarquable est dû à Stevin.

On peut le démontrer très simplement en y appliquant la règle du parallélogramme des forces. Mais j'ai tenu à le faire ressortir ici *direc-*

tement de l'équation $So = S$, c'est-à-dire du grand principe moderne, appliqué à la statique, pour prouver une fois de plus toute la fécondité de ce principe.

5° **Le treuil.** — La figure 8 représente la coupe d'un treuil dont la roue a pour rayon $OA = R$, et le cylindre $Oa = r$.

Un premier cordon est fixé et enroulé sur la circonférence de la roue, tenant en suspension un poids P qui tend à faire tourner le treuil dans le sens des aiguilles d'une montre. Un deuxième cordon est fixé et enroulé sur le cylindre, tenant en suspension un poids Q qui tend à faire tourner le système en sens contraire.

Le théorème des vitesses virtuelles donne ici :

$$Pp = Qq. \tag{11}$$

Pendant que le poids P descend en P′, le point A, appartenant à la circonférence de la roue, vient en A′. Or, il est visible que la descente PP′ est égale à l'arc AA′. Donc $p = AA'$.

Il est également évident que la montée q est égale à aa', c'est-à-dire à l'arc correspondant à l'angle α, dont le treuil a tourné dans le premier instant. Et, comme les deux arcs, AA′ et aa', sont proportionnels aux rayons R et r, l'équation (11) se transforme immédiatement en celle-ci :

$$PR = Qr, \tag{12}$$

qui exprime la condition d'équilibre du treuil.

C'est la seule, parce que l'équation (11) est unique.

6° **Les moufles.** — La figure 9 représente deux moufles, l'une fixe F et l'autre mobile M.

Un poids P, agissant par l'intermédiaire de la poulie de renvoi I, sur la moufle fixe F, tend à faire remonter la moufle mobile M, à la chape de laquelle est suspendu un poids Q.

On ne tient pas compte ici du poids de la moufle mobile.

En plaçant la surcharge ε sur le poids P, celui-ci descendra de P en P′, d'une hauteur p, tandis que le poids Q remontra de Q en Q′, d'une hauteur q.

L'équation des vitesses virtuelles donne ici :

$$Pp = Qq. \tag{13}$$

Soit m le nombre de cordons qui s'enroulent alternativement sur les poulies des deux moufles, il est clair que, si l'on suppose tous ces cordons parallèles entre eux, la descente p sera m fois plus grande que la montée q.

La condition d'équilibre d'une paire de moufles, dont l'une est fixe et l'autre mobile, et dont le nombre de cordons est m, est donc :

$$(14) \qquad P = \frac{Q}{m}.$$

C'est la seule, par la raison que l'équation (13) est unique.

C'est cette condition que Lagrange considère comme évidente *à priori*, et sur laquelle il se fonde pour établir la démonstration qui porte son nom.

7° **La vis.** — La figure 10 représente la coupe verticale d'une vis engagée dans son écrou supposé fixe.

Une barre horizontale OA est fixée à la vis, et à l'extrémité de cette barre est attaché un cordon, qui se dirige dans le plan horizontal et perpendiculairement à la barre, sur une poulie de renvoi I. Le cordon, devenu vertical, soutient alors un poids P, qui tend à faire tourner la barre et par suite à faire progresser la vis dans son écrou.

D'autre part, au sommet V de la vis, est attaché un second cordon, dans une position verticale, lequel, après s'être enroulé sur la poulie de renvoi K, tient en suspension le poids Q, qui tend à faire sortir la vis de l'écrou.

L'équilibre étant supposé exister entre les deux poids P et Q, si l'on ne tient compte ni du poids de la vis mobile, ni de son frottement dans l'écrou, le théorème des vitesses virtuelles nous donnera :

$$(15) \qquad Pp = Qq,$$

p désignant la descente infiniment petite du poids P, sous l'influence de la surcharge ε, et q la montée correspondante du poids Q.

Soient v le bras de levier de la force P, et h le pas de la vis.

Il est visible que si d est l'angle infiniment petit, correspondant au déplacement du système, la descente p sera égale à $\frac{2\pi v \times d}{360}$, et la montée q à $\frac{h \times d}{360}$.

L'équation précédente se réduit donc à :

$$(16) \qquad P \times 2\pi v = Q \times h.$$

C'est la condition d'équilibre de la vis. On sait, en effet, que dans cette machine la puissance P est à la résistance Q, comme la hauteur du pas de la vis est à la circonférence que décrit l'extrémité du bras du levier.

Dans ces trois dernières applications la condition d'équilibre est unique. Il doit en être ainsi, parce que l'équation, $\Sigma P p = \Sigma R r$, ne peut donner qu'un seul résultat, quand le système se trouve maintenu en équilibre par deux forces seulement.

8° **La Balance de Roberval**. — Il ne s'agit pas ici d'une application à une machine proprement dite, mais bien à un appareil fort ingénieux dû au célèbre mécanicien Roberval. Il est représenté sur les figures 11 et 12.

A B C D (fig. 11), est un rectangle dont les milieux F et F′ des deux grands côtés sont fixes, et dont les quatre angles sont articulés, de manière à permettre au rectangle de prendre la forme d'un parallélogramme (fig. 12), mais avec cette condition que les deux petits côtés resteront toujours parallèles à la ligne fixe F F′.

Attachons maintenant en un point quelconque I du côté A C, et sous une inclinaison quelconque, un bras de levier I M, à l'extrémité duquel nous suspendrons un poids P, et en un point quelconque K du côté B D, et sous une inclinaison quelconque, un bras de levier K N, plus grand ou plus petit que I M, et à l'extrémité duquel nous suspendrons un poids Q.

Nous obtiendrons ainsi la balance de Roberval, qui se maintiendra en équilibre, dans une position quelconque, à la seule condition que les deux poids P et Q soient égaux entre eux.

Cet appareil a été considéré comme un *paradoxe statique*, jusqu'à l'époque où d'Alembert en donna une explication dans l'*Encyclopédie*. En ces derniers temps, Poinsot en a donné une démonstration fondée sur la théorie des couples dont il est l'auteur.

Je me propose, en terminant, d'appliquer ici le théorème des vitesses virtuelles qui va élucider immédiatement cette question.

Considérons la position représentée dans la figure 12, et qu'on peut supposer quelconque. Si la balance est en équilibre dans cette posi-

tion, sous l'influence des deux poids P et Q, et si nous provoquons, au moyen de la surcharge ε, une descente infiniment petite p, du poids P, nous obtiendrons une montée infiniment petite q, du poids Q, laquelle sera visiblement égale à p.

L'équation des vitesses virtuelles, $Pp = Qq$, nous apprend donc de suite que l'une des conditions d'équilibre du système est l'égalité des poids P et Q.

Or cette condition est la seule, parce qu'il n'y a pas d'autre déplacement possible du système dont on puisse tirer une seconde condition, comme nous l'avons fait pour le parallélogramme des forces et pour l'équilibre de trois forces parallèles.

Par conséquent, pour que la balance de Roberval se maintienne en équilibre dans une position quelconque, il faut et il suffit que les deux poids P et Q soient égaux. Les longueurs des bras de levier I M et K N, la position de leurs points d'attache I et K, ainsi que leurs inclinaisons sur la direction fixe F F′, n'ont ici aucune influence.

Je ne pousserai pas plus loin les applications du théorème des vitesses virtuelles, et de l'équation, $So = S$, qui est l'expression du grand principe, de la conservation du travail transformé, appliqué à la statique.

Mon objectif était de faire ressortir devant vous, dans ce petit travail, qui peut être considéré comme une *Introduction à la science de l'Équilibre*, la facilité avec laquelle toute la statique peut se déduire du grand principe moderne.

CHRONIQUE

Sommaire. — Les locomotives Compound. — Le chemin de fer du Drachenfels. — Les égouts de Berlin. — Locomotives des chemins de fer allemands. — Congrès Suisse de la propriété industrielle.

Locomotives Compound. — *L'Institution of Mechanical Engineers* a tenu, cette année, sa session d'été à Liège. Parmi les mémoires qui y ont été lus, figure une communication de M. F. W. Webb, du London and North Western, l'un des vice-présidents de l'Institution, sur les locomotives Compound. Ce travail est de nature à attirer vivement l'attention sur ce sujet. Nous avons donné dans la *Chronique* de février 1882 un aperçu du système de locomotive Compound de M. Webb, et des résultats déjà réalisés; nous allons faire plus loin un résumé de la communication de l'ingénieur anglais et de la discussion qui l'a suivie; mais il nous semble qu'on appréciera mieux la question en prenant d'abord connaissance de la discussion relative à une communication faite il y a quatre ans devant la même Société et sur le même sujet. On verra combien les idées ont pu se modifier à la faveur du temps et peut-être aussi d'autres circonstances.

Dans la séance du 19 juin 1879, à Londres, sous la présidence de M. John Robinson, M. A. Mallet a fait une communication sur l'application du fonctionnement Compound aux locomotives (*the compounding of locomotive engines*).

L'auteur a décrit les principales applications faites par lui de ce système, tant sur des machines neuves que sur des machines modifiées et les résultats économiques obtenus, notamment, sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz exploité exclusivement avec des machines de ce genre depuis 1877. Il terminait en exprimant l'espoir que sa communication pourrait conduire quelque ingénieur des chemins de fer anglais à tenter l'application du fonctionnement Compound, ce qui serait un très grand pas pour l'adoption définitive du système dans les locomotives.

M. J. Tomlinson dit qu'il a quelque expérience des machines Compound marines, mais aucune des locomotives Compound. Il admet que ce système peut donner une économie en ce qui concerne le combustible, mais il est moins certain qu'il y ait un avantage définitif au point de vue de la réduction des frais de traction; l'adoption du système Compound entraînera nécessairement quelque complication et M. Tomlinson est, pour sa part, disposé à supprimer des pièces sur une locomotive, si c'est possible, plutôt

que d'en ajouter. Il croit que sur des grosses machines on éprouverait de grandes difficultés et que les dépenses d'entretien seraient beaucoup augmentées. Quant à lui, il ne se soucierait pas de tenter l'expérience.

M. F. W. Webb dit que, d'après ce qu'il sait des locomotives Compound, c'est sur la ligne de M. Tomlinson, le Métropolitain, plus encore qu'ailleurs, que le système proposé serait avantageux, parce qu'on doit y circuler en partie avec l'échappement se faisant dans les caisses à eau et avec une combustion à peu près nulle. Toute réduction dans la consommation de combustible serait, dans ce cas, avantageuse à un autre point de vue que la réduction de la dépense. M. Webb a transformé à Crewe une vieille locomotive, dans le système présenté par M. Mallet, et les résultats l'ont encouragé à continuer l'expérience. Toutefois son impression est que, pour faire une locomotive qui joigne à l'économie une bonne stabilité à de grandes vitesses, il faut en revenir à la forme de machine à trois cylindres exécutée par Stephenson il y a quelques années. Mais au lieu d'envoyer directement la vapeur de la chaudière dans les trois cylindres, on ne l'enverrait qu'au cylindre central d'où elle passerait ensuite dans les deux cylindres extérieurs qui auraient leurs manivelles placées de la même manière et à angle droit de celle du premier cylindre. De la sorte, il n'y aurait pas de mouvement latéral et on obtiendrait une machine douée d'une très grande stabilité.

Les cylindres auraient tous le même diamètre et, avec un seul mouvement de distribution pour les deux cylindres extérieurs, la complication ne serait pas grande.

En ce qui concerne la machine en discussion, M. Webb pense que M. Tomlinson n'est pas fondé à lui reprocher d'amener à une complication; la seule pièce de plus est le tiroir de démarrage qui produit le fonctionnement Compound ou le fonctionnement ordinaire, et qui ne se déplace que lorsqu'on veut passer d'un fonctionnement à l'autre. Il est à espérer que les essais faits sur le continent conduiront quelques ingénieurs anglais à étudier l'introduction du système, surtout pour les lignes souterraines de Londres. M. Webb a fait quelques parcours avec la machine modifiée dont il a parlé plus haut et il a été surpris de la manière dont la pression se maintenait à la chaudière avec un échappement très modéré. La modification avait été faite par l'introduction d'un manchon dans un des cylindres pour réduire son diamètre de 400 millimètres à 240, de manière à avoir la proportion de diamètre des machines de M. Mallet. Mais, si M. Webb renouvelait cet essai, il laisserait au cylindre à haute pression le diamètre des cylindres ordinaires et mettrait un cylindre à basse pression plus grand.

M. W. Daniel donne les résultats d'expériences obtenus avec une machine demi-fixe Compound construite par MM. John Fowler et Cie. Les cylindres ont $0^m,205$ et $0^m,355$ de diamètre, ce qui donne un rapport de volume de 1 à 3 environ. La consommation est descendue à 11,6 litres d'eau par cheval et par heure pour une puissance de 80 chevaux au frein. C'est la plus faible dépense de vapeur encore obtenue avec une machine

sans condensation. Au concours de Cardiff, en 1873, le meilleur résultat, pour les machines locomobiles, avait été de 13,20 litres d'eau par cheval et par heure.

Ces machines ne présentent aucune complication par rapport aux machines ordinaires doubles, si ce n'est un robinet pour envoyer au départ de la vapeur dans le cylindre à basse pression.

M. T. R. Crampton dit que des expériences du genre de celle dont a parlé M. Daniel ne prouvent absolument rien, si on ne les fait pas comparativement avec des machines ordinaires du meilleur modèle. Il n'hésite pas à dire que la dépense de 11,6 litres d'eau par cheval et par heure a déjà été réalisée avec des machines sans condensation employant de la vapeur à 10 kilogrammes de pression détendue à six volumes sans autre appareil que la coulisse. On a dit que le système Compound n'entraînait pas de complication sensible; ce n'est pas exact, il faut employer un plus grand cylindre ou, au lieu de deux, en mettre trois. Qu'espère-t-on en réalité? Porter la détente à plus de six volumes?

L'expérience a prouvé que c'était le maximum désirable. Certainement on peut détendre à dix ou douze volumes; l'avantage théorique, par rapport à six, est de 20 pour 100 environ, mais les pertes par frottement et autres causes annuleront l'avantage théorique. M. Crampton a essayé les grandes expansions dans des machines actionnant des pompes, il n'a jamais trouvé aucun bénéfice à porter la détente au delà de six volumes. Il est persuadé qu'on peut obtenir, avec des machines ordinaires bien proportionnées, d'aussi bons résultats, sinon même de meilleurs, qu'avec les machines Compound.

M. F. W. Webb désire demander à M. Crampton quels effets entraînerait sur les portées des essieux et sur les grosses têtes de bielles motrices la marche à six volumes d'expansion. Il a 1,500 machines en feu tous les jours, et il a beaucoup de peine à obtenir de ses machinistes de marcher avec le régulateur ouvert en grand et une admission réduite, ce qui amène des chocs dans les têtes de bielles et dans les boîtes à graisse. Si l'emploi du fonctionnement Compound peut être avantageux à ce point de vue, il aura une heureuse influence sur la réduction des réparations.

M. T. R. Crampton dit que, puisque M. Webb propose de conserver au cylindre à haute pression le diamètre des cylindres actuels, la pression maxima sur le bouton de manivelle qui amène les pièces à chauffer restera la même. Il ne voit pas de difficultés sur ce point, il suffit d'équilibrer avec soin les pièces en mouvement.

M. J. Phillips fait observer que M. Crampton commet une erreur en disant que la pression sur les boutons de manivelles sera la même dans les deux cas; il ne tient pas compte de la contre-pression au petit cylindre qui réduit notablement l'effort sur le petit piston par rapport à la machine ordinaire.

M. E. A. Cowper soutient la supériorité des machines Compound sur les machines ordinaires; il n'a pas encore vu la consommation de ces dernières descendre à bien moins d'un kilogramme de charbon par cheval

indiqué et par heure, ce que donnent les machines Compound. Il donne des explications sur le rôle de l'enveloppe de vapeur et du réservoir intermédiaire, ainsi que sur la plus grande régularité dans les efforts due à la division de la détente entre deux cylindres. Revenant à la question de la locomotive, M. Cowper dit qu'à son avis la difficulté d'y appliquer le Compound tient au manque de place, surtout pour les grandes puissances où on serait limité pour le diamètre à donner au cylindre à basse pression.

L'exemple cité par M. Webb d'une machine transformée en Compound par la réduction de diamètre d'un des cylindres, n'est pas très instructif, parce que l'économie est venue en partie de la réduction de travail pour la même puissance de chaudière. M. Cowper admet qu'une machine Compound à deux manivelles à angle droit n'est pas plus compliquée qu'une machine à deux cylindres égaux et qu'il n'y a pas plus de difficulté à faire des machines Compound sans condensation, du genre de celles dont a parlé M. Daniel, que les machines Compound à condensation, exclusivement employées aujourd'hui dans la marine.

M. F. W. Crohn présente quelques observations au sujet des machines à expansion continue de Nicholson, dont l'essai a été fait jadis sur le Eastern Counties Railway et dont il a été question dans le Mémoire en discussion. Il trouve que ces machines n'étaient pas aussi compliquées qu'on l'a dit.

M. W. Schönheyder insiste sur l'observation faite par M. Webb au sujet de la réduction des efforts maximum dus à l'emploi de la machine Compound; il est certain qu'à égalité de travail la force du mécanisme peut être réduite aux deux tiers, et même moins, de ce qu'elle devrait être dans une machine ordinaire, il résulte également de là une réduction dans les frottements propres de la machine qui est encore à l'avantage du Compound.

M. Schönheyder croit que, même à la vitesse de fonctionnement des locomotives, les enveloppes de vapeur doivent être efficaces; il donne quelques explications sur la manière de disposer l'un sur l'autre les diagrammes des deux cylindres d'une machine Compound pour avoir la représentation exacte du travail total.

Le professeur A. R. Kennedy discute cette manière de disposer les diagrammes. Il est impossible de rendre compte de cette partie de la discussion sans le secours des figures qui ont été tracées au tableau.

M. J. Mc Farlane Gray pense que ce qui a conduit à faire des locomotives Compound est le succès incontestable de ces machines dans la marine. Mais les deux cas sont bien différents. Dans la marine, le prix du charbon s'augmente du prix de transport, de sorte que l'économie devient importante, surtout pour de grandes distances. Avec les locomotives il n'en est pas de même et la question semble manquer d'intérêt. En outre, dans les locomotives, il y a une contre-pression beaucoup plus considérable que dans les machines marines et l'économie due à la détente varie en raison inverse de la contre-pression. Il ne semble donc pas que l'emploi du système

Compound soit bien avantageux dans ce cas, d'autant plus qu'il augmentera nécessairement le poids de la machine d'une quantité qui sera peut-être supérieure à celui du charbon économisé [1].

M. T. R. Crampton dit qu'il a essayé les enveloppes de vapeur sur une locomotive et qu'il a eu de très bons résultats, bien que ces résultats ne soient pas comparables avec ce que donnent les enveloppes sur des machines à marche moins rapide.

M. W. Daniel, en réponse à une question posée précédemment, indique que la machine demi-fixe, dont il a parlé, n'avait ni enveloppe de vapeur ni réchauffage de l'eau d'alimentation.

M. le Président remercie l'auteur de sa communication et exprime le désir qu'elle conduise à des essais analogues en Angleterre, essais dont il espère voir le résultat, quel qu'il puisse être, faire, avant qu'il soit longtemps, l'objet d'une nouvelle communication devant l'Institution.

Voici maintenant le résumé de la communication faite le 25 juillet dernier par M. F. W. Webb.

L'auteur débute par rappeler que la question qu'il va traiter n'est pas nouvelle et qu'elle avait déjà été exposée devant l'Institution par M. Mallet, lequel avait réussi à construire un type de machine économique, mais qui ne donnerait pas la stabilité suffisante pour de grandes vitesses.

M. Webb rappelle également qu'il a transformé, il y a cinq ans, une ancienne locomotive en machine Compound du système Mallet, en diminuant le diamètre d'un des cylindres par l'addition d'un revêtement intérieur. Cette machine a fait jusqu'à aujourd'hui le service sur l'embranchement d'Ashby à Nuneaton du London and North Western. Les éléments de succès fournis par cette machine ont motivé la construction du type qui fait l'objet de la présente communication.

La nouvelle machine a deux cylindres extérieurs de $0^m,330$ de diamètre et un cylindre intérieur de $0^m,660$, avec $0^m,610$ de course pour les trois. Les premiers sont fixés aux longerons à peu près au milieu de la distance qui sépare les roues d'avant des roues du milieu et actionnent l'essieu d'arrière; le cylindre à basse pression est placé directement au-dessus de l'essieu d'avant avec son tiroir à la partie supérieure, il actionne un coude formé sur l'essieu des roues du milieu.

Les tuyaux de communication entre les cylindres à haute pression et le cylindre à basse pression traversent la boîte à fumée. Les divers tuyaux ont les diamètres suivants : tuyaux de prise de vapeur 76 millimètres, tuyaux intermédiaires 102 et tuyau d'échappement 124.

Les cylindres à haute pression ont des tiroirs Trick, les lumières des cylindres ont 29 millimètres sur 229 et les lumières d'échappement 63 1/2

1. Il est singulier que M. Mc Farlane Gray n'ait pas réfléchi que, si les locomotives ne portent pas beaucoup de charbon, en revanche elles doivent traîner avec elles beaucoup d'eau et que la question de la réduction de cet approvisionnement d'eau est des plus importantes à tous les points de vue. A. M.

sur 229. Les lumières du grand cylindre ont respectivement 51 × 406 et 82 1/2 × 406 [1].

La distribution se fait, pour tous les cylindres, au moyen de l'appareil Joy, qui permet non seulement de supprimer les excentriques, mais encore de réduire le nombre des pièces et le poids de l'ensemble. Les appareils de changement de marche des deux groupes moteurs agissent indépendamment l'un de l'autre et cette disposition n'a pas donné lieu à des inconvénients, on pourrait facilement les relier l'un à l'autre, mais cela compliquerait les organes sans amener d'avantage réel. En pratique, le cylindre à basse pression marche presque à pleine admission et on ne varie l'introduction qu'aux petits cylindres.

Les résultats économiques ont été des plus satisfaisants. La consommation moyenne de la machine a été seulement de 7k,50, contre 9k,75 pour les machines ordinaires faisant le même service et portant les mêmes chaudières, l'économie est ainsi de 23 pour 100.

La machine porte une disposition de botte à feu particulière, il y a une lame d'eau au-dessous de la grille avec un trou central pour vider le cendrier; le cadre du bas du foyer est ainsi supprimé.

L'essieu d'avant porte une botte radiale d'une seule pièce. On a donné aux portées des essieux des dimensions très grandes, les portées de l'essieu du milieu ont 178 de diamètre et 343 de longueur, le tourillon du coude de l'essieu moteur a 197 de diamètre sur 140 de longueur.

L'auteur termine en indiquant que sa communication a pour seul but de faire connaître et étudier la question des locomotives Compound dans la pensée qu'il est possible d'en tirer des résultats encore meilleurs, au point de vue économique, que ceux qu'il a obtenus jusqu'ici. Il espère donc que cette communication sera suivie d'autres traitant du même sujet.

M. A. Mallet [2] (dans une lettre dont il est donné lecture) exprime le regret de n'avoir pas pu accepter la gracieuse invitation dont le conseil de l'Institution l'a honoré, en souvenir de sa communication de 1879 sur le sujet actuellement en discussion. Il pense que la très intéressante machine de M. Webb soulève deux questions distinctes : la première est celle de l'emploi du fonctionnement Compound sur laquelle son opinion, à lui M. Mallet, ne saurait être douteuse; la seconde est celle de la division de l'appareil moteur en deux groupes pour la suppression des bielles d'accouplement. Cette disposition a été réalisée sur une grande échelle, il y a une vingtaine d'années, par feu M. Petiet, du chemin de fer du Nord français; elle n'a pas

1. Les cylindres de la machine ont été changés depuis les premiers essais; le diamètre des cylindres à haute pression a été porté de 292 à 330 millimètres; le diamètre du grand cylindre n'a pas été modifié, mais les lumières ont été agrandies, de 38 × 356 à 51 × 406 pour rendre l'échappement plus libre.

2. N'ayant pas encore le procès-verbal officiel reproduisant la discussion, nous avons dû avoir recours aux résumés qu'ont donnés les divers journaux anglais; mais il a été nécessaire de les comparer et de les rectifier par des renseignements obtenus de personnes ayant assisté aux séances, car certains de ces résumés paraissent avoir reproduit plusieurs des observations d'une manière incomplète et même inexacte. A. M.

donné de bons résultats et a été abandonnée. Certainement l'adjonction du fonctionnement Compound est de nature à justifier, dans une certaine mesure, le retour à cet arrangement; mais n'est-il pas à craindre que, si des inconvénients se révélaient en pratique dans la solution composite de M. Webb, des esprits, déjà peu disposés en faveur du Compound, ne lui attribuassent des difficultés dont il pourrait être bien innocent?

M. Mallet ne croit pas que son propre système se prête aussi mal aux grandes vitesses que le dit M. Webb. Sa machine est, au point de vue de la stabilité, dans les mêmes conditions que les machines ordinaires et celles-ci paraissent être jusqu'ici suffisamment à la hauteur des exigences du service.

Le but qu'il s'est toujours proposé a été de faire différer ses machines aussi peu que possible des machines ordinaires, au risque même de sacrifier quelques avantages, et il est loin de le regretter, car il croit fermement que c'est cette grande simplicité qui, seule, lui a permis d'introduire le système Compound dans les locomotives, en dépit des nombreuses oppositions qu'il a eues à vaincre.

Quoi qu'il en soit, M. Mallet ne peut que s'applaudir de n'être plus seul à soutenir la cause des locomotives Compound, et il est persuadé que l'intervention d'une personnalité aussi éminente que celle de M. Webb est un gage sérieux en faveur de l'adoption définitive du système Compound, sous une forme ou sous une autre, et probablement même sous plusieurs formes. Mais il ne voudrait pas laisser passer cette occasion sans rappeler que son ami, M. Jules Morandiere, peut à juste titre revendiquer l'honneur d'avoir indiqué le premier la combinaison du système Compound avec la division de l'appareil moteur en deux groupes pour la suppression de l'accouplement, dans une étude de locomotive faite en 1866 et publiée à cette époque dans divers journaux techniques[1].

M. W. Rich est partisan du système Compound et pense qu'on ne fera bientôt plus d'autres machines, même sans condensation. L'application aux locomotives routières a donné d'excellents résultats et il n'y a aucune raison pour qu'il n'en soit pas de même sur les locomotives de chemins de fer. Il n'est pas étonnant que la réduction du nombre des coups d'échappement n'ait pas d'influence nuisible sur le tirage, parce qu'un échappement saccadé et intermittent doit avoir plus d'effet que des coups plus fréquents. M. Rich considère que le rapport de 1 à 2 pour les volumes respectifs des deux groupes de cylindres est peu élevé et il pense qu'il y aurait intérêt à mettre une enveloppe de vapeur au grand cylindre.

M. Gottschalk est partisan du système Compound et considère la machine de M. Webb comme un progrès très réel. Il a été chargé de l'exploitation du Semmering où il fallait employer des machines à huit roues couplées et le passage dans les courbes donnait lieu à beaucoup de difficulté et d'usure.

1. Voir *Chronique* de février 1882, page 220.

La division des quatre essieux en deux groupes actionnés, l'un par l'appareil moteur à haute pression, l'autre par le cylindre à basse pression, serait une bonne solution et on réduirait ainsi considérablement l'usure des bandages et des rails.

M. T. R. Crampton est, en principe, opposé à la complication et dès lors il n'est pas partisan du système Compound. Il croit que dans la machine Webb l'économie tient à ce que la détente est plus grande et non à ce qu'elle se fait dans des cylindres séparés; en effet, le volume du grand cylindre est plus grand que la somme des volumes des cylindres d'une machine ordinaire et dès lors la comparaison n'est plus légitime.

A dimensions égales des cylindres, le résultat serait probablement différent. La suppression des bielles d'accouplement est une bonne chose, et M. Crampton a jadis étudié une machine à quatre roues, dont chacune était actionnée par un cylindre.

M. Borodine, ingénieur en chef du matériel des chemins de fer du Sud-Ouest russe, pense que, si la machine Webb venait à être attelée à des trains très lourds, elle éprouverait des difficultés dans le démarrage, si, par exemple, le grand piston était dans une position défavorable pour agir sur l'essieu. Il a fait de nombreuses expériences avec une machine du système Mallet, et il ne croit pas qu'on puisse obtenir du Compound une économie aussi élevée que l'indique M. Webb, ses propres expériences lui ont indiqué 18 à 20 pour 100 comme maximum, et il est possible que le surplus trouvé par M. Webb soit dû à une conduite plus attentive de la machine.

M. Borodine pense que le système Compound sera largement appliqué sur les locomotives; il ne partage pas l'opinion récemment émise par M. George Marié[1], que les locomotives n'ont pas à attendre de perfectionnements sérieux, au point de vue de l'utilisation de la vapeur. Si les machines ordinaires dépensent environ 12 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure, la dépense des machines Compound peut être ramenée à 10 1/2; mais l'emploi du fonctionnement Compound n'est pas le dernier mot des perfectionnements à apporter aux locomotives; il reste à leur appliquer la condensation et il ne paraît pas impossible d'y arriver.

M. D. Joy a eu fréquemment l'occasion de voir la machine de M. Webb, et il peut donner son témoignage en faveur de l'excellent fonctionnement de cette machine; elle se comporte admirablement dans les courbes; la suppression des bielles d'accouplement est une chose très importante. M. Joy est très partisan de l'emploi du Compound; il a eu récemment à étudier des locomotives destinées à l'Amérique du Sud et pour lesquelles l'économie d'eau était une question très sérieuse par suite de la difficulté de s'en procurer, et il a pensé que, dans ces conditions, le système Compound était tout indiqué; on peut espérer réaliser 25 pour 100 d'économie. M. Joy ne doute pas qu'on arrive à augmenter notablement la pression; 14 à 15 kilogrammes ne lui paraît pas une pression exagérée.

1. *Revue générale des chemins de fer.*

M. Jules Morandiere dit que le système proposé par lui et rappelé par M. Mallet n'était, en réalité, qu'un simple avant-projet, qui n'a jamais été étudié en détail et qui différait dans beaucoup de points de la machine Webb; notamment, il y avait un cylindre à haute pression et deux cylindres à basse pression, et, de plus, il avait été prévu pour le démarrage un régulateur spécial, envoyant la vapeur de la chaudière directement dans les cylindres de détente.

M. Druitt Halpin trouve que M. Webb n'a pas assez insisté sur un des principaux avantages du système, qui est la réduction des efforts sur les pièces du mécanisme, chose très importante. Il pense qu'il serait avantageux de mettre une enveloppe de vapeur au grand cylindre, bien qu'on puisse, jusqu'à un certain point, considérer la vapeur comme surchauffée par son passage dans les tuyaux contenus dans la boîte à fumée, mais on n'a pas de contrôle sur cette surchauffe.

Il serait intéressant de connaître la dépense de vapeur de la machine Webb, parce que l'économie réalisée tient à deux causes, d'abord à ce que la détente en cylindres séparés réduit la dépense de vapeur, et ensuite à ce que la chaudière, ayant à fournir moins de vapeur à la machine, en produit plus par unité de poids de combustible.

M. Mac Donnell croit qu'on doit savoir le plus grand gré à M. Webb des résultats qu'il vient de porter à la connaissance de l'Institution. Bien que pour sa part il ne considère pas la suppression des bielles d'accouplement comme très nécessaire, il n'en regarde pas moins la nouvelle machine comme un grand succès, et il croit que les ingénieurs de chemins de fer ne peuvent donner de meilleur témoignage de leur approbation que de reproduire le modèle de M. Webb.

M. W. Stroudley est également d'avis que les ingénieurs de chemins de fer doivent être très reconnaissants à M. Webb pour la manière dont il a traité la question des locomotives Compound et l'a présentée à l'Institution. Il regarde l'économie réalisée par l'emploi du système Compound comme absolument établie. C'est une réelle amélioration pour les machines à voyageurs, mais c'en serait une encore bien plus importante pour les machines à marchandises, parce que la détente en cylindres séparés doit avoir un effet beaucoup plus sensible à une vitesse relativement modérée. Les chiffres donnés par M. Webb ne représentent pas cependant pour M. Stroudley une très grande réduction dans la consommation du combustible, car sur le *London, Brighton and South Coast Railway*, la consommation moyenne par kilomètre de l'ensemble des machines pour le dernier semestre, n'a pas dépassé 11.3 kilogrammes.

M. Webb, en réponse aux observations présentées dans la discussion, indique que, depuis que son Mémoire a été écrit, il a mis en service dix nouvelles machines Compound et en a obtenu les meilleurs résultats.

On ne trouve aucun indice de condensation au grand cylindre, et il ne se produit pas d'entraînement d'eau. Au point de vue de la complication, qui a été reprochée à sa machine par quelques membres, il se bornera à

rappeler qu'il n'y a que trois bielles motrices, tandis que dans les machines ordinaires il y a deux bielles motrices et deux bielles d'accouplement. M. Webb a souvent eu occasion d'entendre M. Crampton exposer ses vues en matière de locomotives, et il regrette de ne pas pouvoir les partager. M. Crampton a toujours été partisan de la simplicité au point de n'avoir eu dans ses machines qu'une seule paire de roues motrices qui ne permettent d'utiliser pour l'adhérence qu'une partie très faible du poids de la machine. C'est précisément en examinant une machine de ce genre que l'idée est venue à M. Webb d'actionner deux essieux par des appareils moteurs distincts réunis par le fonctionnement Compound.

M. Webb s'occupe actuellement de faire une machine Compound pour la traction des trains du *London and North Western*, sur le chemin de fer souterrain, par la transformation d'une machine existante. Un des avantages sera de supprimer les bielles d'accouplement auxquelles l'expérience actuelle ne permet pas d'assurer une existence de plus de cinq ou six ans.

Le Président, M. P.-G.-B. Westmacott, en remerciant M. Webb de sa communication, dit qu'on est toujours habitué à attendre quelque chose de bon de Crewe, mais que, dans le cas actuel, M. Webb a dépassé tout ce qu'on pouvait espérer.

Le rapprochement des discussions de 1879 et de 1883 fait voir que, si on excepte l'honorable M. Crampton dont les convictions sont restées inébranlables, l'opinion de l'assistance s'est modifiée d'une façon très appréciable ; la défiance, pour ne pas dire plus, a fait place à une approbation complète et les ingénieurs de chemins de fer, tels que MM. Mac Donnell et Stroudley, n'ont pas été les moins enthousiastes. Il y a là un fait très caractéristique.

Nous ajouterons que, dans la réunion de l'Association des Ingénieurs Allemands, le 10 mars 1883, M. von Borries a fait, sur les locomotives Compound, une communication dans laquelle il a rendu compte des résultats obtenus avec les grosses machines à marchandises construites sur ses plans par Henschel, à Cassel, et dont nous avons parlé dans la *Chronique* de février 1882. Ces machines, à six roues couplées et à tender séparé, pesant 39,700 kilogrammes en ordre de marche, ont été mises en service en décembre 1882 et donnent des résultats économiques très satisfaisants.

La question des locomotives Compound fait donc tous les jours de nouveaux pas. Si nous avons la satisfaction de le constater, nous avons en même temps le regret de voir la France, qui a eu l'initiative de ce progrès, se laisser aujourd'hui distancer par l'Angleterre et l'Allemagne au point de vue de l'importance des applications.

Chemin de fer du Drachenfels. — Nous avons indiqué dans la *Chronique* de juin, page 839, parmi les chemins de fer à crémaillère existants, celui du Drachenfels au Rhin.

On sait que le Drachenfels est une des célèbres *sept montagnes* qui dominent le Rhin à peu de distance de Bonn, et est un but d'excursion des plus fréquentés à cause de la vue magnifique dont on y jouit.

On y a construit un chemin de fer à crémaillère, qui a été inauguré le 17 juillet dernier. Ce chemin part de Kœnigswinter sur la base nord-ouest du Drachenfels et arrive au sommet sur le côté oriental, à gauche de la route. On ne peut voir la ligne depuis le Rhin que dans la partie inférieure.

Le point de départ du bas est à six minutes de la station de Kœnigswinter, du chemin de fer de la rive droite du Rhin, et à huit minutes du débarcadère des bateaux à vapeur.

La construction a commencé le 8 novembre 1882; elle a présenté d'assez grandes difficultés, surtout par suite de la gêne que causait aux ouvriers l'inclinaison excessive du terrain.

La longueur totale est de 1520 mètres et la différence de niveau de 225; ce qui ferait une pente moyenne de 14.8 pour 100; les inclinaisons varient de 10 à 20 pour 100. A Kœnigswinter il y a un palier assez étendu pour les remises, changements de voie, etc. A la partie supérieure la ligne se termine par des pentes de 12 et 8 pour 100.

Il a été exécuté 25,000 mètres cubes de terrassements, dont 7,000 dans le roc, 4,500 mètres cubes de maçonnerie avec mortier et 1,500 mètres de de maçonnerie en pierres sèches.

Il y a plusieurs ouvrages d'art, entre autres un viaduc à six ouvertures de 5m,50 chacune, dont les piles sont fondées à 6 mètres au-dessous du sol, deux passages en-dessus, de 4 mètres d'ouverture, un passage en dessous, de 30 mètres de longueur et de 1m,25 de largeur sous un remblai de 8 mètres et un viaduc de 57 mètres de longueur, à travées de 5m,50.

Il y a un changement de voie à la partie supérieure et un autre double à la station inférieure, communiquant avec les remises à voitures et à machines.

La ligne est à la voie de 1 mètre entre les rails; les courbes ont 180 et 225 mètres de rayon.

Les traverses sont en fer, du type Berg-Mark, à l'écartement de 1 mètre; elles portent au milieu, la crémaillère et, de chaque côté, les rails en acier et les longrines en fer. A des distances de 50 à 100 mètres il y a des ancrages en maçonnerie pour retenir la voie sur la pente d'une manière absolument certaine.

Les rails d'acier pèsent 25 kilogrammes par mètre courant. La hauteur de la crémaillère est de 120 millimètres, les dents ont 120 de longueur et le pas est de 100 millimètres. La crémaillère pèse 50 kilogrammes par mètre courant.

Le matériel roulant se compose de trois locomotives, six voitures à voyageurs et un wagon à marchandises. Les locomotives sont des machines-tender à deux essieux-porteurs. La chaudière est horizontale sur une pente de 1 à 13. La roue dentée motrice, en acier fondu au creuset, a 1m,050 de diamètre au cercle primitif et 33 dents de 100 millimètres de pas.

La machine pèse, à vide, 15,500 kilogrammes, et en service 18,500 à 19,000. Elle remonte deux wagons contenant 45 personnes chacun à la vitesse de 3 mètres par seconde, soit près de 11 kilomètres à l'heure.

Les voitures à voyageurs pèsent 4 tonnes; elles ont les extrémités vitrées et les côtés ouverts, comme celles du Rigi. Chaque voiture a sur l'essieu d'avant une roue dentée qui engrène avec la crémaillère et peut être serrée par un frein, de sorte que chaque voiture peut être arrêtée séparément. La machine est toujours plus bas que les voitures sur la rampe, c'est-à-dire derrière à la montée et devant à la descente.

Tout le matériel fixe et roulant a été construit par la fabrique de machines d'Esslingen (Wurtemberg) sur les plans de M. Riggenbach.

La dépense totale s'est élevée à 750,000 francs.

Les égouts de Berlin. — Dans un important travail publié en 1882 dans le journal allemand *Gesundheits-Ingenieur*, M. Knauff cite les travaux faits à Berlin pour l'ensemble des égouts comme un exemple remarquable d'insuccès relativement, surtout, au prix élevé d'établissement. On était parti de ce principe, souvent invoqué, que l'utilisation des eaux d'égouts pour l'agriculture avait causé une véritable révolution en Angleterre, où, disait-on, toutes les villes importantes s'empressaient d'abandonner les systèmes d'épuration chimiques, qui ne donnaient que des pertes, pour adopter le procédé rémunérateur de l'irrigation.

Dans l'impossibilité d'obtenir des chiffres officiels sur les résultats de Berlin, l'auteur a dû prendre pour base de ses calculs les évaluations les les plus modérées. La dépense relative aux égouts et aux machines élévatoires pour les sept secteurs entre lesquels la ville est divisée se monte à 55 millions de francs, en nombre rond, pour une population de 960,000 habitants occupant une surface de 3,049 hectares.

L'acquisition, en vue de l'irrigation, de dix-huit propriétés à des prix variant de 4,600 à 10,090 francs par hectare, a donné lieu à une dépense de ce chef de 13 millions de francs; le nivellement et l'appropriation de ces terrains à l'irrigation a coûté, en outre, 3,700,000 francs.

Les conduites d'eau, depuis les machines, d'une longueur totale de 90,800 mètres, sont revenues à 17 millions de francs, ce qui fait 185 francs par mètre courant et 3,250 francs par hectare de terrain irrigué.

Les travaux ont coûté en tout, y compris les intérêts pendant l'exécution, tout près de 110 millions de francs, ce qui fait environ 112 francs par tête d'habitant. Le prix réel s'élèvera plus haut lorsque tout sera terminé, mais, même avec le chiffre indiqué, la différence, en plus des prévisions, s'élève à 18 ou 20 millions de francs.

M. Knauff estime le chiffre annuel des intérêts et entretien à 8 millions de francs, ce qui représente 8 fr. 40 par tête d'habitant.

Si on considère la question à un autre point de vue, à celui des dépenses annuelles d'exploitation, on arrive à un chiffre de 8,350,000 francs, soit 8 fr. 60 par habitant.

La similitude des deux chiffres est remarquable, le point de départ étant absolument différent dans les deux cas; on peut de là conclure que le service des égouts coûte à Berlin au moins 8 fr. 50 par an et par tête d'habitant, le déficit annuel étant réparti seulement sur environ 16,000 propriétaires, ce qui fait pour chaque maison à peu près 525 francs, sans compter la dépense pour la fourniture de l'eau, laquelle dépense a triplé comparativement aux années précédentes.

Il n'y a donc pas lieu d'invoquer l'exemple de Berlin au sujet de l'avantage économique de l'irrigation, par rapport aux procédés chimiques d'épuration. D'après les chiffres de Lawes, Gilbert et Howes, la valeur des eaux d'égouts serait de 10 centimes par tonne : les 50 mètres cubes produits par an et par habitant représenteraient 5 francs, ce qui, pour les 960,000 habitants de Berlin, formerait un total de 4,800,000.

L'expérience a prouvé que les choses ne se passaient nullement ainsi et que, contrairement à la prédiction de M. Hobrecht, l'ingénieur des égouts de Berlin, on ne se disputait pas les eaux de ces égouts pour la culture des terrains de la banlieue de cette ville; en réalité il y a très peu de terrains à proximité qui soient bien disposés pour cette utilisation et, malgré tous les moyens mis en œuvre, les fermiers et les cultivateurs ont presque tous décliné l'emploi des eaux. D'après l'auteur, le système adopté à Berlin pour le drainage général constitue une grosse erreur technique et financière.

M. Knauff examine également la question de l'évacuation des eaux pluviales par les égouts, au sujet d'une brochure récente de M. Waring, l'ingénieur qui a établi le drainage de Memphis (États-Unis), dont nous avons parlé dans les comptes rendus d'avril 1881, page 482. M. Waring affirme que les eaux de pluie ne sont aucunement nuisibles par elles-mêmes et que ce n'est qu'en vue des dégâts qu'elles peuvent occasionner par inondation ou de la gêne qu'elles causent qu'on est amené à les évacuer dans les égouts; il veut bien admettre qu'on peut occasionnellement se servir d'égouts souterrains pour éviter des ruisseaux gênants, mais maintient que l'évacuation systématique des eaux pluviales dans les égouts est une chose barbare et qu'on n'emploie actuellement que par routine.

Le système de la séparation a été surtout défendu par Cladwick, Philipps et Rawlinson; il a été appliqué en Angleterre il y a déjà 30 ans, notamment à Alnwick, Tottenham, Leicester et autres villes. L'avantage principal invoqué pour le système de l'évacuation des eaux de pluie par les égouts est la suppression des ruisseaux; mais ce système entraîne à l'accroissement de section des égouts et dès lors fatalement à la formation des dépôts et à l'obstruction, tandis que les égoûts de petit diamètre destinés seulement à l'enlèvement des eaux ménagères ont un débit sensiblement constant qui se prête beaucoup moins à la formation des dépôts.

Un argument sérieux contre l'admission des eaux de pluie dans les égouts est l'impossibilité de pouvoir calculer le volume d'eau qu'il peut être nécessaire d'évacuer à un moment donné. Des pluies excessives

peuvent donner lieu à des accidents très graves et, en mai et septembre 1882, à Berlin, on a pu en voir des exemples, les parties inférieures de plusieurs maisons ayant été inondées par le débordement des égouts. Ce fait qui n'est pas très rare est très important à considérer surtout eu égard aux responsabilités qu'il peut entraîner.

L'auteur donne un tableau des plus fortes chutes de pluies connues, variant de 25 millimètres en 90 minutes, correspondant à 46 litres par hectare et par seconde, à 37 millimètres en 10 minutes, correspondant à 617 litres par hectare et par seconde.

On a pris pour base des calculs pour les égouts de Berlin une chute de 23 millimètres à l'heure dont un tiers est supposé passer aux égouts. L'auteur rapporte les expériences d'Hawksley, Bidder et Haywood, faites en 1857-58, d'après lesquelles 50 pour 100 au moins des eaux de pluies passeraient aux égouts, c'est cette proportion qui est généralement admise par les ingénieurs anglais. On peut en conclure que la section des égouts de Berlin est insuffisante. On a paré à cette insuffisance par de nombreuses bouches de trop plein; mais, si l'on admet cette solution, il n'y a pas de raison pour ne pas prendre une dimension d'égouts absolument arbitraire et parant à l'excès par des centaines de bouches.

On a objecté au système de la séparation que deux réseaux d'égouts sont plus couteux qu'un seul; c'est très contestable, vu les dimensions auxquelles on peut réduire ces égouts. Un point très intéressant et que l'auteur examine avec soin est la nature de l'eau de pluie qui a lavé le sol. On peut admettre que, dans une ville de 100,000 habitants, les matières répandues à la surface du sol peuvent contenir les proportions suivantes d'azote.

	Azote.
Déjection de 4,000 chevaux	6,859^{kg}
— 5,000 chiens et chats.	500
— volatiles divers.	025
Rognures de cuir, peaux, etc	216
A ajouter le tiers des déjections de 9,000 personnes représentant le quart de la population adulte, répandu indûment sur des espaces découverts $= 9{,}000 \times \frac{5.48}{3}$	16,440
Total	24,040^{kg}

Ce chiffre équivant en nombre rond à 66 kilogrammes d'azote par jour, soit pour 151 jours de pluie en moyenne à l'année, à 10,000 kilogrammes.

Or les déjections produites annuellement par une population de 100,000 habitants contiendraient 433,000 kilogrammes d'azote, la proportion passant dans les égouts pendant les 151 jours de pluie de l'année serait donc seize fois le chiffre qui a été indiqué plus haut. Les eaux d'égouts normales donneraient donc 94 pour 100 d'azote, tandis que les eaux pluviales n'en contiendraient que 6 pour 100. Ce résultat infirme absolument le dire de

Way, que les eaux de lavage des rues sont aussi riches en matières azotées que les eaux ménagères.

Les conclusions de l'auteur, principalement au point de vue des défectuosités qu'il trouve au réseau d'égouts de Berlin, sont que : les sections doivent être proportionnées pour une chute de pluie supérieure à 23 millimètres par heure, qu'on doit introduire un plus grand nombre de bouches de trop plein, que les bouches des rues doivent être munies de grilles et que la ventilation des égouts actuels et futurs doit être améliorée.

Les tuyaux en poterie qui forment les branchements avec les maisons doivent être éprouvés et avoir les joints faits avec du ciment; on doit y placer des siphons métalliques formant soupapes avec joints en plomb.

Locomotives des chemins de fer allemands. — A la fin de 1881, il y avait en service sur les chemins de fer allemands 10,869 locomotives, dont 530 seulement de provenance étrangère. Des machines construites en Allemagne, 2,345 sortaient des ateliers de Borsig à Berlin; ensuite venait Maffei, de Munich, avec 966 machines, puis la fabrique hanovrienne de locomotives avec 939, Henschel et fils, de Cassel, 871, la fabrique saxonne de locomotives 768, la société Vulcain de Stettin 755, la société de Carlsruhe 638, la fabrique de machines d'Esslingen, Würtemberg, 634, Wohlert 629, Schwartzkopff 574 et Krauss 278; 241 machines seulement avaient été construites dans les ateliers des chemins de fer. Des locomotives étrangères, 286 venaient d'Autriche, 193 d'Angleterre et 51 de Belgique.

Congrès suisse de la propriété industrielle. — On sait que le principe d'une législation fédérale de la propriété industrielle a été repoussé par la votation populaire du 30 juillet 1882. Les circonstances dans lesquelles s'est produit ce jugement ont fait penser à beaucoup de personnes qu'il y avait eu malentendu, et, à l'occasion de l'exposition de Zurich, il a été décidé d'organiser, pour reprendre la question, un congrès suisse de la propriété industrielle qui se tiendra à Zurich les 24 et 25 septembre prochain.

Nous croyons intéressant de reproduire l'énoncé des questions qui seront soumises au congrès.

I. Est-il juste de refuser toute protection en Suisse à la propriété des inventions, des modèles et dessins industriels, alors que le principe de la propriété artistique et littéraire est reconnu par la Constitution fédérale?

II. La Suisse a-t-elle des motifs sérieux de professer, en matière de propriété industrielle, des principes opposés à ceux de tous les pays industriels qui ont, depuis longtemps, adopté, maintenu et perfectionné leur législation sur la matière?

III. La protection des inventions est-elle une entrave au développement

de l'industrie? Remarque-t-on quelque infériorité dans le développement industriel des nations qui en ont, dès l'origine, admis le principe ou chez celles qui en ont le plus perfectionné l'application?

IV. La protection de la propriété industrielle a-t-elle pour effet de ralentir ou de hâter la connaissance des progrès les plus récents? Les procédés nouveaux se répandent-ils en Suisse plus rapidement ou plus lentement que dans les pays qui protègent la propriété industrielle?

V. Quelle est, dans les pays qui protègent les inventions, les modèles et dessins industriels, la situation des industries similaires aux industries suisses? Ces dernières puisent-elles quelque force pour la concurrence sur les marchés étrangers dans la facilité qu'elles ont d'utiliser gratuitement les inventions suisses et étrangères?

VI. La protection des inventions a-t-elle pour effet de renchérir les produits fabriqués dans le pays où ils sont brevetés? Y a-t-il, à qualité égale, entre ces produits et les similaires fabriqués en Suisse, une différence de prix pouvant profiter au consommateur?

VII. L'absence de protection des inventions a-t-elle pour effet de favoriser la création d'industries qui, sans cette circonstance, n'auraient pas pu s'établir en Suisse, et, réciproquement, ce défaut de protection empêche-t-il de fonder sur territoire suisse des industries qui pourraient du reste y trouver des conditions favorables?

VIII. Dans la situation créée par la convention du 23 février 1882 entre la France et la Suisse pour la protection réciproque des dessins et modèles industriels, les auteurs français de dessins ou de modèles peuvent faire protéger leurs œuvres en Suisse; ils jouissent ainsi de droits que la Constitution fédérale ne reconnaît pas aux nationaux.

Cette situation n'est-elle pas désavantageuse au plus haut degré pour l'auteur suisse d'un modèle ou d'un dessin industriel, et n'y a-t-il pas lieu de faire cesser cette infériorité en donnant aux Suisses, dans leur propre pays, les mêmes droits que peuvent déjà y exercer les Français?

IX. Les écoles d'art industriel fondées sur divers points de la Suisse donnent-elles des résultats proportionnés aux sacrifices qu'elles exigent? Les industries décoratives ont-elles fait, soit au point de vue de la perfection de leurs produits, soit à celui de leur développement commercial, des progrès en rapport avec ceux qu'ont réalisés récemment les pays qui nous entourent?

X. Si quelques-unes de nos industries décoratives semblent perdre du terrain, doit-on en chercher la cause dans des circonstances générales défavorables, dans un défaut d'aptitude de la population ou dans l'absence de protection de la propriété des modèles et dessins industriels?

XI. Dans le cas où la Suisse reconnaîtrait le principe de la propriété en matière d'inventions, de modèles et dessins industriels, y aurait-il lieu

d'exclure de cette protection une ou plusieurs branches d'industrie? Quelles sont celles qui repoussent le principe de la propriété industrielle et quelles sont les causes de cette opposition?

XII. En résumé, y a-t-il avantage moral ou matériel à reconnaître le principe de la propriété industrielle et à élaborer une loi définissant et protégeant cette propriété?

Il a été adressé aux exposants de Zurich un questionnaire portant sur les trois points ci-dessous :

1. Le manque de protection des inventions, patrons et modèles, a-t-il eu une influence sur votre exposition?

2. Auriez-vous exposé d'une autre façon, s'il avait existé une loi pour protéger les inventions, les patrons et les modèles?

3. Quelles remarques générales avez-vous à faire pour élucider cet important sujet?

Les rapporteurs du comité d'organisation sont, notre collègue M. J. Weibel pour la langue française, et M. A. Waldner, de Zurich, pour la langue allemande.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juillet 1883.

Rapport de M. Bertin sur le **Système de transmission téléphonique**, de M. Moser.

On sait que, dans tous les téléphones, l'effet acoustique est obtenu par des courants induits correspondant aux vibrations d'une membrane, soit en fer, soit en bois, qui elle-même est mise en mouvement par la voix.

Dans le *téléphone de Bell* les courants sont produits par l'action des vibrations sur un aimant, et le *transmetteur* et le *récepteur* sont réciproques, c'est-à-dire peuvent être remplacés l'un par l'autre, mais les courants produits sont trop faibles pour les communications lointaines. On a

alors eu recours à l'emploi des *téléphones à piles;* puis l'idée est venue de ne pas employer directement le courant, mais de le faire servir uniquement à produire des courants interrompus dans une bobine : ces courants produisant, à leur tour, des courants induits dans une seconde bobine en communication avec le récepteur. La construction de l'appareil a été simplifiée par l'emploi intelligent du *microphone de Hughes*, et de ces perfectionnements successifs est résulté le *téléphone Ader*, en usage actuellement à Paris.

Lorsqu'on organisa à l'exposition d'électricité de 1881 les auditions téléphoniques de l'Opéra, on établit sur la rampe du théâtre 24 transmetteurs dont chacun fut rattaché à des récepteurs placés au Palais de l'Industrie, à 2 kilomètres de distance; il fallait autant de fils que d'auditeurs, soit 48 fils pour les 48 auditeurs de l'Exposition écoutant la musique de l'Opéra avec les 24 transmetteurs placés devant la rampe.

De plus, chaque transmetteur avait sa pile de 3 éléments Leclanché, et, comme ces éléments se polarisaient très vite, on les changeait tous les quarts d'heure et on les laissait reposer une heure, de sorte que chaque pile se composait réellement de 15 éléments, ce qui exigeait 360 éléments pour les 24 transmetteurs. Il fallait donc 360 éléments de pile et 48 fils, ce qui constituait une installation très coûteuse. M. Moser s'est proposé de réduire les piles et les fils à l'unité, et il y a réussi. Nous renvoyons au rapport pour la description du système, qui ne saurait être intelligible sans détails. Nous nous bornerons à indiquer qu'à la fête de la Société des Amis des Sciences, à l'hôtel Continental, le 14 avril dernier, on a pu apprécier le système. La batterie de microphones était suspendue par quatre cordes au plafond de l'Hippodrome, au-dessus de l'orchestre; elle communiquait par un fil avec la batterie des bobines reposant sur le plancher contre le mur; le courant primaire était fourni par deux accumulateurs. Les bobines secondaires, toujours groupées par six en quantité, communiquaient par un fil de transmission souterrain avec 108 téléphones placés dans une salle du second étage de l'hôtel Continental, et groupés de la même manière.

L'audition était parfaite.

Rapport de M. le colonel Goulier sur un **gabarit multiple,** présenté par M. Burnichon fils.

Ce petit instrument est destiné à l'ajustage des angles de 45 et de 60 degrés, qu'on rencontre surtout dans la confection des écrous à la main dans les petits ateliers; il est formé de la superposition de deux plaques d'acier, dont l'une est un triangle équilatéral et l'autre un triangle ayant un angle de 60 degrés ou de 45, et le troisième sommet tronqué, de manière à faire un angle droit avec le côté adjacent à l'angle de 60 degrés.

Pour faire usage de ce gabarit, on applique la plaque équilatérale sur la face d'une règle ou d'une équerre, en faisant coïncider la tranche de

celle-ci avec l'une de celles du petit triangle et en maintenant les objets en contact par l'action du pouce et de l'index de la main gauche, selon les positions respectives adoptées, on constitue ainsi des gabarits donnant les angles de 45, de 60, de 55 et de 120 degrés. On peut même encore, en posant le gabarit debout sur le marbre à ajuster, y comparer directement les angles d'un écrou à six pans.

Conférence sur la **transmission du travail mécanique par les courants électriques** faite à la Société d'Encouragement le 16 mai 1883, par M. H. Tresca, membre de l'Institut.

Notre savant collègue, après avoir rapidement passé en revue les transmissions par cables télodynamiques et par canalisation d'air et d'eau sous pression, cite les expériences les plus connues sur le transport électrique du travail mécanique, ainsi les expériences de M. Fontaine, à l'Exposition de Vienne, en 1873, les expériences de labourage à Sermaize, en 1879, par MM. Félix et Chrétien, les expériences sur les machines de l'atelier de MM. Ducommun et Steinlen à l'Exposition d'électricité de 1881, le tramway électrique de MM. Siemens frères, à la même Exposition, les expériences de M. M. Deprez à l'Exposition de Munich, en 1883, et les expériences de M. M. Deprez dans les ateliers du chemin de fer du Nord, en février et mars 1883.

M. Tresca examine ensuite quel est l'intérêt de la transmission électrique du travail pour divers cas, tels que mise en action d'un outil isolé, moteur domestique, travail des mines, locomotion, travaux agricoles et transmission des forces naturelles à grande distance et, après avoir, pour ce dernier, indiqué les obstacles très considérables résultant de la diminution du rendement ou du prix d'établissement du circuit, il termine par ces remarquables conclusions :

« Saluons ces moyens nouveaux et excessivement curieux des transmissions électriques comme une conquête pleine d'avenir; rendons justice aux efforts par lesquels les industriels et les savants, en France et à l'étranger, font chaque jour preuve d'une émulation bien louable, continuons à étudier les conditions dans lesquelles les nouvelles installations pourront utilement, mais là seulement, remplacer les moyens que nous avions déjà à notre disposition; surtout n'exagérons rien et défions-nous de tous les arguments que l'on pourrait tirer de l'utilisation des chutes du Niagara.

Ne voyons pas encore une solution générale et incommensurable dans quelques exemples particuliers, si probants qu'ils puissent paraître, mais qui n'ont pas acquis la sanction d'une longue pratique sévèrement controlée. Avant d'utiliser en grand toutes les forces naturelles, toujours un peu capricieuses, sous leurs différentes formes, il faut que nous nous soyons rendus maîtres de la question plus facile du transport du travail régulièrement fourni, dans des conditions d'application bien déterminées,

par une bonne machine à vapeur. Il y a sans doute beaucoup de recherches à faire encore avant que la moisson soit tout à fait mûre, même à ce point de vue plus restreint.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MAI 1883.

Mémoire sur la **portée des sons** et sur les caractères à attribuer aux signaux sonores, par M. E. ALLARD, inspecteur général des ponts et chaussées.

Les signaux sonores au moyen desquels on supplée à l'insuffisance des signaux lumineux, pendant les temps de brume sur les côtes, sont aujourd'hui très employés. Mais pour bien apprécier les services que peuvent rendre ces engins, il est nécessaire de connaître la portée des sons qu'ils produisent; les expériences sur cette portée ne sont pas nombreuses parce qu'elles sont difficiles à organiser; on peut citer :

En France, les expériences faites à Boulogne-sur-Mer en 1861-62, par les ingénieurs du service maritime, sur des cloches sonnées mécaniquement.

En Angleterre, les expériences faites à Douvres en 1873, par la corporation de Trinity-House, avec l'assistance du professeur Tyndall, sur les trompettes à vapeur et autres instruments sonores.

En Amérique, les expériences faites aux environs de New-York, principalement en 1874 et 1875, sur des trompettes et des sifflets à vapeur.

En Allemagne, les expériences faites à l'embouchure de l'Elbe en 1880, sur des cornets de brouillard mus à bras d'homme.

L'analyse de ces diverses expériences a amené M. Allard a établir entre les éléments, le travail en kilogrammètres dépensé T, la hauteur du son mesuré par le nombre n de vibrations par seconde et la portée x en kilomètres pour les divers appareils employés les relations ci-dessous :

	T	n	x
Petite cloche	0.33	800	1.89
Grosse cloche	1.44	600	3.04
Cornet	2.50	650	3.37
Sifflet à vapeur	37.50	1500	4.90
Trompette à vibrateur	300.00	450	7.96
Trompette à sirène	1200.00	400	9.44

ce qui conduit à une formule de la forme suivante entre les éléments donnés plus haut :

$$\log \frac{T}{n^m} = 0{,}325\, x + 5.442.$$

C'est une formule imparfaite, mais qui peut servir provisoirement sans grand risque d'erreurs graves pour les conditions habituelles de la pratique.

L'auteur étudie ensuite le caractère à donner aux signaux sonores, caractères fondés sur les durées des sons et des silences et ressemblant à ceux des phares qui, sauf le cas des feux fixes, résultent en général de l'intervalle de temps séparant les éclats ; mais, de même que dans les phares on peut en outre changer la couleur d'un éclat, de même avec les signaux sonores on peut ajouter le changement de la hauteur du son aux intermittences des sons.

A la suite du mémoire de M. Allard, la commission des phares a proposé l'établissement de signaux sonores pour les sept phares électriques de Griz-Nez, Barfleur, la Hague, Frehel, Ile-Vierge, Creac'h d'Ouessant et Planier, et l'étude de la question pour quinze autres phares; de plus, avant de statuer définitivement sur le système à adopter pour caractériser les signaux sonores, il conviendra d'expérimenter dans quatre phares convenablement choisis la deuxième combinaison indiquée par M. l'inspecteur général Allard.

Note sur les **ouvrages mobiles des barrages de la haute Seine**, par M. Lavollée, ingénieur des ponts et chaussées.

Ces barrages se composent de deux parties distinctes : la passe navigable et le déversoir ; la première accolée à l'écluse sert à la navigation quand le débit de la Seine permet de laisser la rivière libre; la seconde sert au règlement du bief et à l'écoulement des crues lorsque la passe navigable est fermée ou qu'on est en train de la relever. Les passes ont de 40 à 65 mètres de développement et les déversoirs de 38 à 70 mètres. Les appareils construits ont aujourd'hui la sanction de l'expérience.

Les passes navigables ont des hausses Chanoine avec les axes de rotation vers le milieu de la hauteur et des vannes papillon. Ces appareils ont amélioré sur la haute Seine une situation que les appareils primitifs avaient déjà rendue très bonne; de plus ils sont plus robustes, très stables et se mettent debout par la seule pression de l'eau sur la culasse.

Les anciens déversoirs avaient des hausses Chanoine; on a appliqué aux nouveaux déversoirs des fermettes et aiguilles. On a pu ainsi faire une comparaison intéressante.

Les hausses ont beaucoup plus de surface opposée au courant que les aiguilles et exigent par conséquent beaucoup plus de force pour la manœuvre et les articulations sont des organes assez délicats. Mais, avec quelques précautions, elles donnent de très bons résultats et elles consti-

tuent un système d'un usage courant sur l'Yonne et sur la Seine, do
l'application a parfaitement réussi entre Auxerre et Paris.

La préférence à donner à l'un ou à l'autre système est une questi
d'espèce ; sur une rivière où le régime est aussi régulier que sur la Sei
les deux systèmes sont bons ; il s'agit seulement de manœuvrer à prop
les hausses et les aiguilles.

Paroles prononcées sur la tombe de M. Bresse, inspecteur général
ponts et chaussées, par M. Tarbé de Saint-Hardouin, directeur
l'École des ponts et chaussées.

Note sur **l'explosion d'un récipient de vapeur** dans une fabri
de noir animal, extraite d'un rapport de M. Perrin, ingénieur des mine

Le rapport conclut que l'accident ne se serait pas produit ou n'au
pas eu la même gravité, si le récipient avait été éprouvé et pourvu d'
soupape de sûreté.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

PARIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

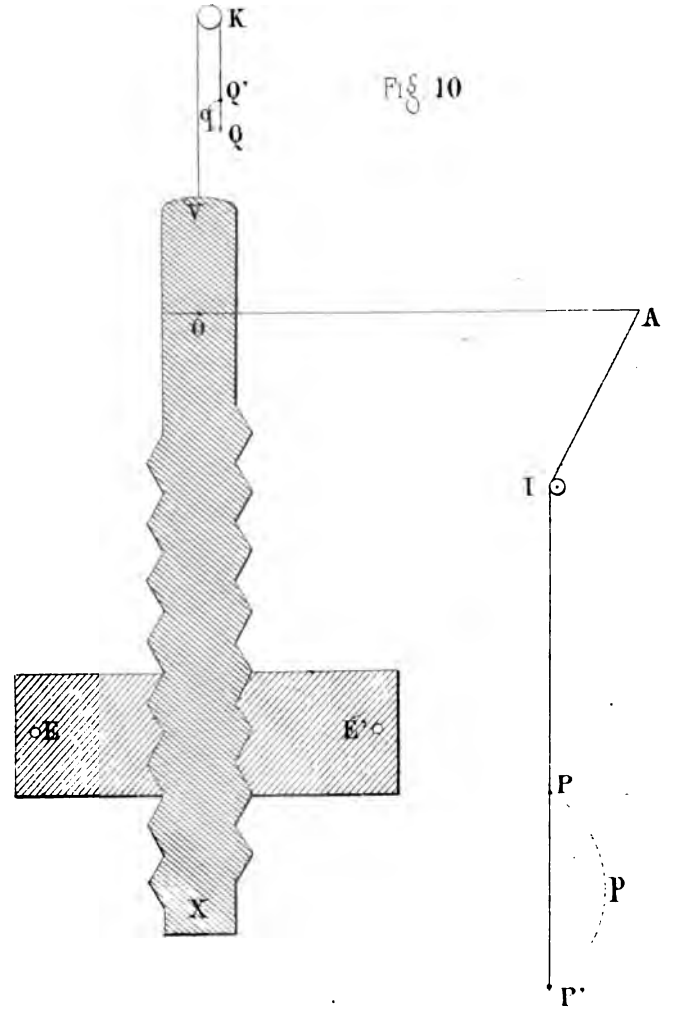
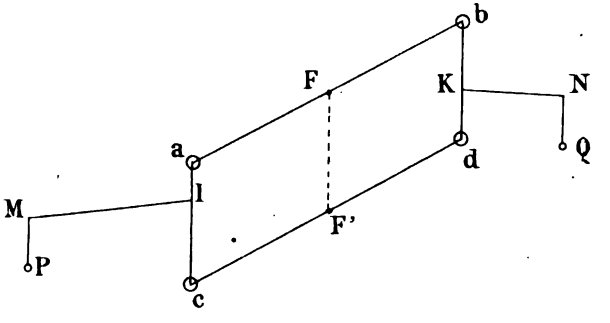


Fig 10

Fig 12



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1883

N° 9

Pendant les Vacances et à l'occasion de l'Exposition internationale d'Amsterdam, un certain nombre de membres de la Société ont effectué une excursion en Belgique et en Hollande dont nous donnons ci-dessous, l'Itinéraire et dont un compte rendu complet sera inséré dans le Bulletin de novembre.

EXCURSION EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE

EXPOSITION D'AMSTERDAM

Du Mardi 18 *au Mardi* 25 *Septembre* 1883.

MARDI 18 SEPTEMBRE.

7 h. 30 minutes du matin. Départ de Paris — Arrivée à Bruxelles 1 h. 58.

Train spécial de Bruxelles à Anvers.

3 heures. Arrivée à Anvers.

Visite à M. le Bourgmestre, à l'hôtel de ville.

Visite au musée Plantin.

6 *heures, Dîner au Rocher de Cancale.*

9 *heures, à l'hôtel de ville — Séance.*

Communications de :

M. de Matthys, ingénieur des ponts et chaussées, sur *l'ensemble des installations maritimes du port d'Anvers.*

M. Royers, ingénieur en chef de la ville, sur *l'outillage du port.*
M. De Rudder, ingénieur de l'État Belge, sur *l'outillage du chemin de fer.*
M. Hersent, sur la *construction des quais de l'Escaut.*

MERCREDI 19 SEPTEMBRE

De 8 heures à midi. *Visite des travaux et des bassins d'Anvers.*
Midi. *Déjeuner au Rocher de Cancale, offert par MM.* Couvreux et Hersent.

Départ d'Anvers à 2 heures par train spécial.

6 h. 25. Arrivée à Amsterdam.

7 h. 30. A l'hôtel Krasnapolsky, *Dîner offert par la Compagnie des chemins de fer de l'État Néerlandais.*

JEUDI 20 SEPTEMBRE.

9 heures du matin à 2 heures. Visite de l'Exposition.

Pavillon d'Amsterdam, Galerie des Machines, Exposition coloniale, etc.

A 2 heures. *Excursion en bateaux pour visiter les travaux du port d'Amsterdam.*

Canaux. — Quai du commerce. — Roues d'épuisements à Zeeburg. — Barrage, Écluses, Machines, Pompes, centrifuges d'épuisement de Schellingwoude. — Pont tournant de Kattenburg. — Station centrale en construction.

7 h. 30. *Dîner à l'hôtel Funckler.*

VENDREDI 21 SEPTEMBRE.

8 h. 40. Départ pour Harlem par train spécial (chemins Hollandais).

Visite en voiture aux Polders de Harlem et au Cruquius (Machine d'épuisement). Communications de MM. Van de Poll et Elink Sterk.

Midi 30. *Déjeuner hôtel Jacobi, à Harlem.*

2 h. 30. Départ pour Velsen. — *Excursion en bateau sur le canal maritime, Visite au port et aux jetées d'Ymuiden. Explications* de M. du Celliée Muller, ingénieur en chef du Waterstadt et de M. Blom, ingénieur du Canal maritime.

Retour de Velsen à Amsterdam par train spécial.

SAMEDI 22 SEPTEMBRE.

8 heures du matin. Départ d'Amsterdam par train spécial (chemins Hollandais).

Visite de la Haye et Scheveningue.

à Midi. *Déjeuner chez Van de Pyl.*

2 heures. Départ pour Rotterdam. *Visite des installations du Feyenoord: Bassin du chemin de fer, Bassins et Docks de la Société Commerciale. Explications* de MM. de Jongh, directeur des travaux de la ville de Rotterdam, Hudig, directeur des Docks, Stous Sloot, Van Iterson, Nierstrasz, ingénieurs des chemins de fer.

5 heures. *Diner au Jardin Zoologique.*

à 7 heures. Départ pour Bruxelles.

DIMANCHE 23 SEPTEMBRE.

De 10 heures à midi. *Visite du Palais de Justice de Bruxelles.*

Sous la direction de MM. Wellens, inspecteur général des ponts et chaussées, Engels, architectes et Carez, ingénieur

7 heures du soir. *Aux Frères Provençaux, banquet offert par les membres Belges de la Societé.*

LUNDI 24 SEPTEMBRE.

8 heures du matin. Départ de Bruxelles par train spécial.

8 h. 30. Arrivée à Malines. — *Visite des Arsenaux des chemins de fer de l'État Belge. Explications* de MM. Belpaire, Steinmetz et Roussel.

10 h. 30. Départ de Malines pour Liège.

1 h. 16. Départ de Liège pour Dolhain et le *barrage de la Gileppe. Visite du barrage sous la direction* de MM. de Beil, ingénieur en chef, directeur des ponts et chaussées de la province de Liège, De Groote, ingénieur principal et Clermont, directeur du chemin de Liège à Maestricht — *Conférence* de M. de Groote.

à 5 heures, retour à Liège.

MARDI 25 SEPTEMBRE.

7 h. 30. Départ de Liège par le tramway à vapeur de Liège à Jemeppe.

De 8 heures à 11 heures. *Visite des Usines J. Cockerill de Seraing.*

A 11 h. 30 déjeuner offert par l'Usine de Seraing.

Départ de Seraing à 1 h. 30. — Arrivée à Paris à 7 h. 30 au soir.

L'excursion en Hollande a été organisée et dirigée par nos collègues M. Vrolik, directeur des chemins de fer de l'État Néerlandais et M. Cluysenaer, ingénieur, secrétaire de la même Compagnie, assistés de M. J.-W. Post, ingénieur de la voie, secrétaire du comité de réception.

L'excursion en Belgique a été réglée et conduite par nos collègues, M. Belpaire, administrateur de l'État belge, correspondant de la Société, en Belgique, M. Ramaeckers, ingénieur en chef de l'État Belge et M. Ch. Vellut.

Liste des membres de la Société qui ont pris part à l'Excursion : MM.

Baltus,	Douau,	Moerath,
Bazin,	Forquenot Armand,	Moyaux,
Belpaire,	François Joseph,	Muralt (de),
Benoît-Duportail,	Gallais,	Naeyer (de),
Berthon,	Gallois,	Neujean,
Bonpain,	Garnier Paul,	Parisse,
Boudenoot,	Gayda,	Pehr de Rehaussen,
Boudier,	Gillon,	Pichault,
Bouquié,	Greiner,	Poupard,
Bourdil,	Grosseteste,	Ramaeckers,
Bourry,	Guerbigny,	Regnard,
Breton,	Hanarte,	Rolin François,
Brichaut,	Herscher Charles,	Rousseau,
Cabanis,	Herwegh,	Roy Antoine,
Cabany,	Kraft,	Sadoine,
Carette,	Kréglinger,	Severac,
Clair Alexandre,	Lara (de),	Somzée,
Clerc,	Legrand Ch.,	Suss,
Cluysenaer	Leverbe,	Studer,
Dallot,	Marchal,	Tresca Henri,
De Dax,	Marché,	Vellut,
Delannoy,	Margueritte Delachar-	Vrolik.
Delsa,	lony,	
Despret,	Meyer Adolphe,	

Pendant le mois de septembre, la Société a reçu :

De M. le Ministre des Travaux Publics, un exemplaire du *Traité d'hydraulique* précédé d'une introduction sur les principes généraux de la Mécanique, par M. A. Graeff, ancien vice-président du conseil des ponts et chaussées, deux volumes et atlas.

De M. Tresca Henri, membre de la Société, un exemplaire de sa conférence sur la *Transmission du travail mécanique par les courants électriques*.

De M. Somzée, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur les *Accumulateurs d'électricité*, affaire Faure et Somzée, question de priorité.

De M. Vivarez, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur les *Procédés récents réalisés dans la construction des lignes télégraphiques et téléphoniques*.

De M. Bougarel, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur le *Régime des appareils à vapeur*.

De M. Bridel, membre de la Société, une collection de *Photographies* sur les travaux des lignes du Saint-Gothard et un exemplaire de l'*Examen critique des systèmes d'exécution appliqués à la construction rapide des grands tunnels*.

RÉFORME

DE LA VOIE PERMANENTE

DES CHEMINS DE FER

PAR M. CHARLES BERGERON.

CENT KILOMÈTRES A L'HEURE

SANS SECOUSSES NI CRAINTE DE DÉRAILLEMENT

Aspect de la voie d'un chemin de fer en exploitation. — Quand on observe avec attention les rails au passage d'un train rapide, on voit les traverses s'enfoncer plus ou moins profondément dans le ballast et se relever ensuite. Souvent une de ces traverses s'enfonce plus à un bout qu'à l'autre. Les rails éprouvent des flexions bien marquées dans leur plan vertical. Reliés entre eux par des éclisses boulonnées, qui en font pour ainsi dire une barre continue en fer, ils fonctionnent comme la chaîne d'un pont suspendu; les véhicules qui roulent dessus sont soumis à des oscillations verticales et horizontales analogues aux mouvements de tangage et de roulis d'un navire sur la mer, oscillations très courtes et saccadées et qui n'en sont que plus désagréables aux voyageurs, et plus destructives du matériel roulant autant que du matériel fixe. Tout le monde sait, d'ailleurs, qu'il y a danger à faire circuler des trains à très grande vitesse, s'ils sont exposés à éprouver de trop fortes secousses.

Quand, sur une voie très fatiguée, des ouvriers poseurs bourrent du ballast sous quelques traverses, ils les rendent plus résistantes. Les voisines n'étant pas supportées de la même manière s'affaissent, et les rails qui y sont attachés éprouvent des flexions dont les roues des véhicules suivent nécessairement les sinuosités.

Causes de déraillement. — En descendant rapidement le plan incliné de l'une de ces flexions, et en remontant la rampe qui suit, les roues, aidées par la poussée de l'arrière du train, ont une tendance à être soulevées et à dérailler, surtout dans les courbes.

Cette tendance est proportionnelle à la vitesse. Si la vitesse est très grande, le déraillement devient presque inévitable.

Le colonel Yolland, commissaire du *Board of Trade* de Londres, ayant eu des rapports officiels à faire sur des accidents occasionnés par des déraillements en pleine voie, a constaté qu'ils ont lieu, le plus souvent, sur des sections où l'on venait d'opérer des relèvements de la voie ferrée et des bourrages partiels.

Ils pouvaient provenir également de la mauvaise qualité du ballast qui ne présente pas une résistance suffisante et égale partout, s'il contient une trop forte proportion de sable fin dont les éléments, très mobiles, se déplacent facilement, et qui, si le temps est sec, produisent, au passage des trains rapides, des nuages de poussière aussi incommodes aux voyageurs que nuisibles au matériel roulant.

Pour en bien faire comprendre les raisons, je vais exposer comment s'opère aujourd'hui la pose de la voie ferrée sur la plate-forme d'un chemin nouvellement construit.

Description de la pose actuelle de la voie ferrée. — Je prendrai, pour exemple, un chemin à simple voie, à la plate-forme duquel on donne généralement une largeur de six mètres.

Sur cette plate-forme, on pose les traverses, et on y attache les rails comme pour la voie définitive. On fait circuler lentement les trains remplis de ballast que l'on décharge dans l'entrevoie et sur les côtés.

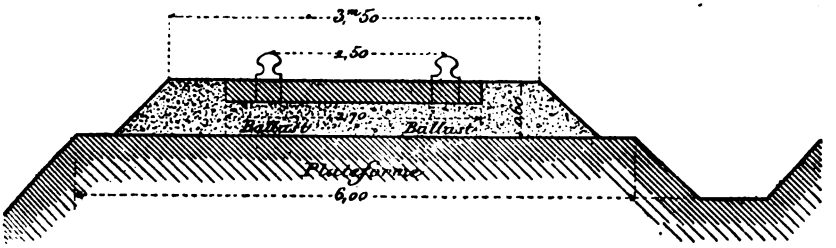
Les ouvriers poseurs soulèvent les rails au moyen de leviers, au risque d'arracher les chevilles et les crampons qui les attachent aux traverses; ils ramassent le ballast, le glissent sous les traverses et en opèrent le bourrage avec des pioches spéciales, appelées *battes*.

Cette opération se renouvelle deux ou trois fois, jusqu'à ce que la voie, plus ou moins tassée par le passage des trains de ballast, ait atteint son niveau définitif.

Épaisseur du ballast. — L'épaisseur du ballast au-dessus de la plate-forme est généralement de $0^m,50$ à $0^m,60$ centimètres.

Coupe en travers du chemin.

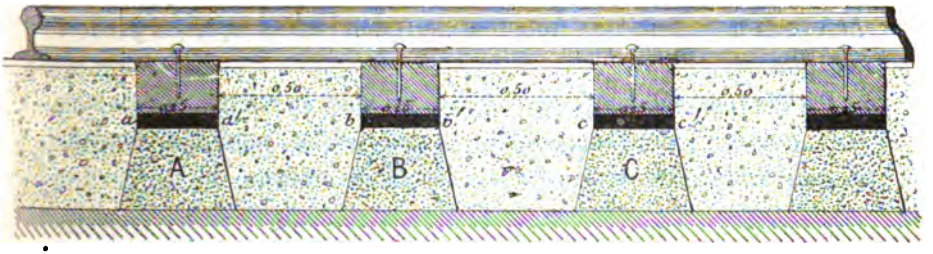
Fig. 1.



A son niveau définitif, et au milieu d'un rail, le profil en long, de la voie ferrée, présente cette figure avec des traverses espacées de 75 centimètres comme elles le sont maintenant sur les chemins anglais.

Profil en long du chemin.

Fig. 2.



Les trains, en circulant sur les rails, ont forcé les traverses à s'enfoncer dans le ballast; mais ils n'ont pu le faire que d'une manière inégale.

Irrégularités de résistance des traverses. — Il est évident que les ouvriers poseurs n'ont pas pu apporter au-dessous de chaque traverse la même quantité de ballast; il est évident aussi qu'ils n'ont pu le bourrer, tant sur la longueur que sur les côtés, exactement de la même manière pour chaque traverse; en sorte que si je prends trois traverses consécutives A, B, C, de la figure précédente, reposant sur des pyramides de ballast tassé et bourré, il ne peut guère se faire que les coups de *batte*, qui ont frappé les deux côtés de la couche *a a'*

aient été égaux à ceux des couches *b b'* et *c c'* et que la densité du ballast en *a* soit la même qu'en *a'*.

La couche *a a'* ne pouvant, à elle seule, supporter tout le poids des trains, devra nécessairement s'affaisser à leur passage, afin d'en répartir la charge sur les pyramides B et C.

Si la couche supérieure de la pyramide A a été bourrée plus fortement en *a* qu'en *a'*, la traverse aura une tendance à tourner sur son axe et une notable quantité de ballast tombera en *a* dans la masse non bourrée.

Peu à peu la couche *a a'* diminuera d'épaisseur, un vide finira par se former au-dessous de la traverse A attachée aux rails par des crampons et des tire-fonds. Les rails, en se courbant, au passage des trains s'appuieront sur elle et ensuite, en se relevant, la tiendront pour ainsi dire suspendue au-dessus de sa souille.

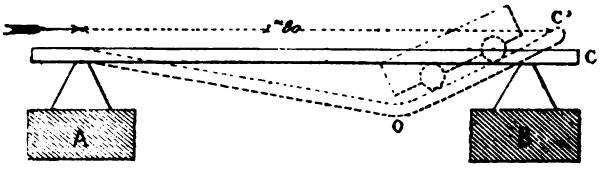
Sur une voie qui n'aurait pas été relevée pendant plusieurs mois consécutifs, on est certain de rencontrer, au-dessous de chaque rail, surtout à proximité des joints, au moins une traverse qui danse au passage des trains rapides ; on la reconnaît aux crevasses qu'elle produit dans le ballast, tout autour d'elle, quand elle a repris sa première position.

Par des temps de pluie ou de dégel, les vides se remplissent de boue, les traverses s'enfoncent de plus en plus et les rails éprouvent des flexions très dangereuses pour la sécurité des trains.

Expériences du professeur Willis, de Cambridge. — J'ai assisté, en 1849, à Birmingham, à des expériences très intéressantes faites par le professeur Willis, de Cambridge, sur la flexion des rails au passage des trains rapides.

Deux rails légers avaient été posés sur deux points d'appui solides espacés de six pieds ou 1m,80 en A et B.

Fig. 3.



Un lourd chariot passant très lentement au-dessus de ces rails, les

faisait fléchir à leur milieu de plus d'un pouce ou deux centimètres et demi.

On faisait descendre ensuite le même chariot sur un plan incliné de manière à lui faire franchir, à une vitesse de 15 à 20 kilomètres à l'heure, l'intervalle A,B. Les rails pliaient; mais ce n'était plus à leur milieu que la courbure était la plus forte; elle se produisait, en O, aux deux tiers environ de la distance des points d'appui, et la flexion dans le plan vertical était de 4 pouces ou 10 centimètres, c'est-à-dire quatre fois plus forte que celle produite au milieu des rails par le seul poids du véhicule au repos.

Le chariot, en remontant rapidement le plan incliné O C', déraillait inévitablement au bout des rails en C'.

Cette expérience permet de se rendre compte des fortes secousses qu'éprouvent les voitures qui passent à grandes vitesses sur une voie mal entretenue; elle explique aussi la remarque mentionnée plus haut du colonel Yolland, que les déraillements en pleine voie, ont eu lieu le plus souvent sur des chemins où l'on venait d'opérer le relèvement de la voie, et le bourrage partiel des traverses.

Avec un mauvais ballast il est impossible de garantir la sécurité des trains rapides.

Emploi de pierres cassées pour ballast. — C'est pour y remédier que les ingénieurs des grandes lignes, surtout en France, remplacent l'ancien ballast de gravier fin et de sable par des cailloux ou des pierres cassées, de la dimension de celles qui servent au macadam des routes de terre.

Les éléments de ce ballast sont beaucoup plus difficiles à être déplacés et à rouler les uns sur les autres que les grains de sable ou de gravier du premier ballast.

Après que les traverses y ont fait leur lit, elles n'éprouvent plus de tendance à s'y enfoncer, les chances de déraillement deviennent nulles aussi longtemps que les rails restent solidement attachés aux traverses par leurs crampons ou tire-fonds.

Décomposition rapide des traverses en bois. — Cette condition s'obtient facilement avec des traverses neuves, surtout en bois de chêne; mais elle disparaît avec des traverses dont le bois est exposé à se décomposer et pourrir rapidement, et c'est ce qui ne peut

manquer de se produire avec des traverses reposant sur des cailloux, galets ou pierres cassées.

Les voyageurs ne peuvent pas faire aujourd'hui un long trajet en chemin de fer sans éprouver de fréquents ralentissements en pleine voie dans la marche de leur train et cela, parce que des ouvriers sont occupés à changer des traverses. Ils sont surpris de voir dans quel état sont les traverses réformées et se demandent comment la voie a pu être maintenue à son écartement normal, avec des rails reposant sur du bois fendu et pourri.

Les traverses ensevelies dans des pierres cassées sont mouillées complètement à chaque pluie; quand revient le beau temps, les rayons du soleil dilatent les fibres du bois; l'air qui circule librement à travers les cailloux et les pierres, en active la décomposition, les chevillettes ou les crampons ne tiennent plus; l'écartement normal de la voie s'élargit et les déraillements sont à craindre.

J'ai pu constater, dans les nombreux renouvellements de traverses, sur les chemins de fer dont j'ai eu la direction, que celles enterrées dans un ballast en sable et gravier fin, avaient une durée double de celles qui reposaient sur un gros ballast perméable à l'eau, à l'air, et surtout aux rayons du soleil.

Je crains donc que les Compagnies, dont les ingénieurs emploient comme ballast des cailloux, des galets ou des pierres cassées, soient bientôt dans la nécessité de remplacer les traverses qui ne tarderont pas longtemps à pourrir.

Consommation et hauts prix probables des traverses en bois. — Ce sera une lourde charge pour ces Compagnies, car le bois va devenir de plus en plus rare et coûtera plus cher.

Un ingénieur Anglais a démontré récemment à la Société des ingénieurs civils de Londres, que le nombre des traverses consommées chaque année pour la construction et l'entretien de tous les chemins de fer du globe, atteint le chiffre de quarante millions.

Dans un article du journal français *La Nature*, à la date du 23 septembre dernier, M. E. Verne a fait remarquer qu'en 1877, les six grandes compagnies de chemins de fer français ont employé, pour l'entretien et le renouvellement de leurs voies ferrées 2,653,000 traverses, ce qui représente une consommation moyenne d'environ 7,000 traverses par jour.

Il est généralement admis qu'un arbre de dimensions ordinaires ne peut pas donner plus de dix traverses.

Il en résulte que pour les seuls chemins français, en 1877, 700 beaux arbres devaient être abattus tous les jours.

Depuis cette époque, le réseau des chemins français s'est beaucoup étendu. En tenant compte des lignes du réseau de l'État et de toutes celles qui se construisent par d'autres compagnies, on peut très bien admettre que plus de mille arbres sont coupés chaque jour pour faire les traverses nécessaires aux chemins de fer en France.

En Amérique, la consommation des traverses n'est pas moins considérable, comme le fait voir cet article extrait de la *Revue* ayant pour titre *The scientific american.*

5 Mai 1883.

« La quantité des bois employée tous les ans à la construction des chemins de fer aux États-Unis, est devenue si énorme qu'on sera certainement obligé, avant peu de temps, de trouver d'autres moyens de supporter les rails.

« Il a été démontré que 15 millions de traverses sont consommées tous les ans dans ce pays, et cela entraîne forcément la destruction annuelle de 200,000 acres (80,000 hectares) de forêts. »

Tous les ingénieurs se demandent maintenant si une pareille consommation peut durer bien longtemps?

Nécessité de remplacer les traverses en bois, par des supports métalliques. — Quant à moi je ne le crois pas. Il est évidemment de l'intérêt des Compagnies et plus encore de l'intérêt des gouvernements qui veulent conserver leurs forêts et empêcher le déboisement des montagnes, principale cause de diverses sortes d'intempéries, d'arrêter l'emploi des traverses en bois et de les remplacer par des supports métalliques.

L'idée en est venue déjà à l'esprit des Américains car, à la suite de l'article ci-dessus, se trouve le passage suivant : « On admet généralement, dans le monde des chemins de fer en Amérique, que, quelle que soit la bonne qualité du bois et quelque efficaces que soient les procédés de conservation, les traverses en bois seront remplacées par des supports en fer ou en acier. »

A ce sujet les Allemands montrent plus de prévoyance et de perspicacité que les Anglais et les Français, dans l'établissement de leurs réseaux de voies ferrées.

Opinion d'un ingénieur autrichien. — J'en trouve la preuve dans un extrait de la conférence tenue à Vienne le 4 janvier 1881 par M. Hœnagger, directeur des constructions des chemins de fer *Nord-Ouest* autrichiens, rapporté dans le *Mémorial des chemins de fer de l'Etat Belge* (2e trimestre de 1881). Cet extrait est une traduction littérale de l'allemand.

« On conteste à la superstructure métallique le droit d'être employée, parce que les Anglais et les Français, qui sont si avancés dans la construction des chemins de fer, ont plus ou moins de répugnance à en faire usage. En examinant les choses de plus près nous constatons que la superstructure en bois, qui est arrivée à la limite de son développement, ne suffit plus aux exigences toujours croissantes du trafic, et que nous nous trouverons dans la nécessité de créer une voie plus solide, dont la construction puisse opposer une résistance durable aux influences destructives du trafic colossal des marchandises pondéreuses.

« La raison d'être de la voie métallique est justifiée moins par l'économie que par la création d'une voie plus résistante et plus durable et aussi plus en rapport avec les exigences de l'exploitation.

« En ce qui concerne l'antipathie des Anglais et des Français pour la voie métallique, elle est motivée par la non-réussite des essais faits sur une grande échelle avec le rail Barlow et la traverse Vautherin.

« La voie métallique a acquis aujourd'hui en Allemagne non seulement le droit d'existence, mais elle s'y est acclimatée complètement. Elle est ouvertement patronnée par le plus grand des États fédérés et par l'administration des chemins de fer de l'État qui est la plus grande et la plus influente des Compagnies du pays.

« En 1879, il y avait, sur les lignes de l'*Union des chemins de fer Allemands*, des voies métalliques dont les longueurs kilométriques se distribuaient ainsi :

« Voies sur longrines métalliques.	1,713 kilomètres.
« Voies sur traverses	702 »
Total. . .	2,415 kilomètres.

« Soit 29 pour 100 sur traverses et 71 pour 100 sur longrines en métal. L'avenir appartient au système sur longrines. »

Je suis tout à fait de l'avis de M. Hœnagger, et je crois que le moment est venu de faire une application générale et sérieuse de la voie ferrée sur supports métalliques. Je vais décrire un système qui me paraît présenter la plus grande somme d'avantages, au point de vue de l'économie, de la solidité et de la sécurité, puisqu'avec lui il sera possible de faire circuler des trains de voyageurs sans secousses, sans trépidation, sans crainte de déraillement, aux plus grandes vitesses que les locomotives peuvent atteindre.

Vitesse des trains rapides en Angleterre. — Des vitesses supérieures à 100 kilomètres à l'heure, pour les trains de voyageurs ne sont pas inusitées en Angleterre.

La section de *Grantham* à Londres, sur le *Great-Northern*, est parcourue tous les jours par des trains rapides qui marchent à raison de 50 *miles* anglais (80 kilomètres) par heure.

Comme le profil du chemin comporte un assez grand nombre de rampes sur lesquelles la vitesse descend à 35 et même à 30 *miles* à l'heure, les trains, sur les plans inclinés qui viennent à la suite, atteignent de très grandes vitesses.

J'ai eu dernièrement sous les yeux une lettre de l'ingénieur en chef du département des locomotives, qui mentionne une partie du chemin où les trains, à la descente, franchissent 15 *miles* (24 kilomètres) en 12 minutes, ce qui correspond à 75 *miles* ou 120 kilomètres par heure. L'ingénieur disait encore que la vitesse pourrait être plus grande si on le voulait. Il est évident que cela ne peut avoir lieu que sur des chemins comme le *Great-Northern* où la voie est en parfait état et admirablement entretenue.

Vitesse des locomotives en Amérique. — On doit se rappeler qu'aux États-Unis, M. Barnet-le-Van a affirmé qu'on pourra bientôt franchir en une heure la distance qui sépare New-York de Philadelphie, qui est de 90 *miles* ou 144 kilomètres. On est sur la voie d'y arriver.

« La locomotive Shaw, allant le mois dernier à Chicago, s'est arrêtée deux jours à Colombus (Ohio) et on lui a fait subir des épreuves remarquables.

« Elle a parcouru, à l'aller, un chemin de 72 kilomètres qui était généralement en rampe et avec un vent contraire, à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure.

« Au retour et à la descente, elle a marché pendant un moment à 122 kilomètres à l'heure. Sur une distance de 6 *miles* consécutifs, la vitesse pour chaque *mile* a varié ainsi :

« Le 1er mile 106 kilomètres; le 4e mile 117 kilomètres à l'heure.
« Le 2e » 117 » le 5e » 113 »
« Le 3e » 115 » le 6e » 113 »

« La locomotive n'avait à traîner que deux grandes voitures et 60 voyageurs.

« Les vitesses obtenues n'ont pas paru excessives puisque pendant tout le trajet on pouvait écrire et dessiner dans les voitures.

« Ce qui a le plus frappé le professeur Robinson, a été la douceur du mouvement des véhicules aussi bien de la locomotive que des voitures, et il en a conclu que l'on pourrait facilement établir des trains réguliers marchant tous les jours à 70 *miles* ou 112 kilomètres à l'heure.

« Nous admettrons toutefois que pareil résultat ne s'obtiendrait qu'en réduisant de beaucoup le poids des trains à remorquer. »

Avec de pareilles vitesses on irait en 8 heures de Paris à Marseille, en 6 heures de Paris à Bordeaux.

Cela deviendra facile avec la nouvelle voie que je propose.

Je n'essayerai pas d'exposer et de discuter ici tous les systèmes de traverses en fer ou en fonte qui ont été essayés depuis plusieurs années et qui fonctionnent, avec plus ou moins de succès, en Allemagne, en Égypte, dans l'Inde, en Australie, dans l'Amérique et dans l'Afrique du Sud, et même à Middlesborough et en Angleterre.

Cloches ovales de James Livesey. — Je me bornerai à signaler comme ayant à mes yeux plus de valeur que tous les autres supports de la voie permanente, les cloches ovales, en fonte et en tôle, entretoisées par une barre en fer plat, proposées par M. James Livesey et dont plus de 200,000 tonnes sont en usage depuis plus de quinze ans sur les chemins de fer de l'Amérique du Sud.

Elles ont si bien réussi que les ingénieurs qui les ont employées en

ont fait récemment une commande de 100,000 tonnes à livrer dans le courant de cette année. C'est l'usine d'Anderston Foundry, de Glascow, qui les fond. Elle en a livré, l'année dernière, plus de 60,000 à MM. Lavalley et Molinos pour le chemin de fer de l'île de la *Réunion*.

Quoique le système de M. James Livesey soit le plus économique et le plus avantageux que je connaisse, il a l'inconvénient de tous les autres, en ce sens que ses cloches reposent sur une couche de ballast sans consistance, répandu sur la plate-forme du chemin.

De même que pour les chemins avec traverses en bois, il est impossible que toutes les cloches en fonte sous lesquelles le ballast a été bourré et comprimé par le passage des trains rapides, puissent présenter partout la même résistance. Les voitures y seront exposées à des mouvements de roulis et de tangage, et avec des vitesses très grandes les cloches en fonte sont exposées à se casser.

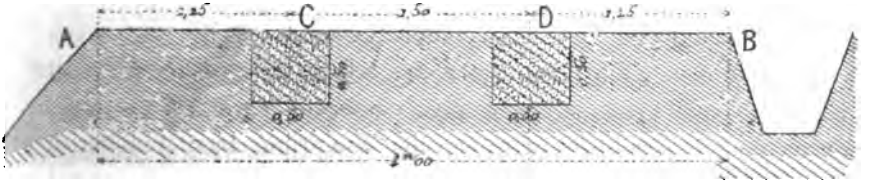
La réforme radicale que je propose pour la voie permanente des chemins de fer se résume en cette formule :

Termes de la proposition de la réforme radicale. — *Remplacer le bourrage du ballast sous les traverses, par un enfoncement, de supports métalliques, dans un sable comprimé, fonctionnant comme le béton de fondation d'un mur en maçonnerie.*

La première et la plus importante opération du nouveau système, consiste à enfouir et à comprimer du sable dans des canaux, taillés, au-dessous des rails, dans une plate-forme solide et compacte, et à y enfoncer les supports métalliques par les procédés que je vais décrire.

Coupe en travers du nouveau chemin de fer à une voie.

Fig. 4.



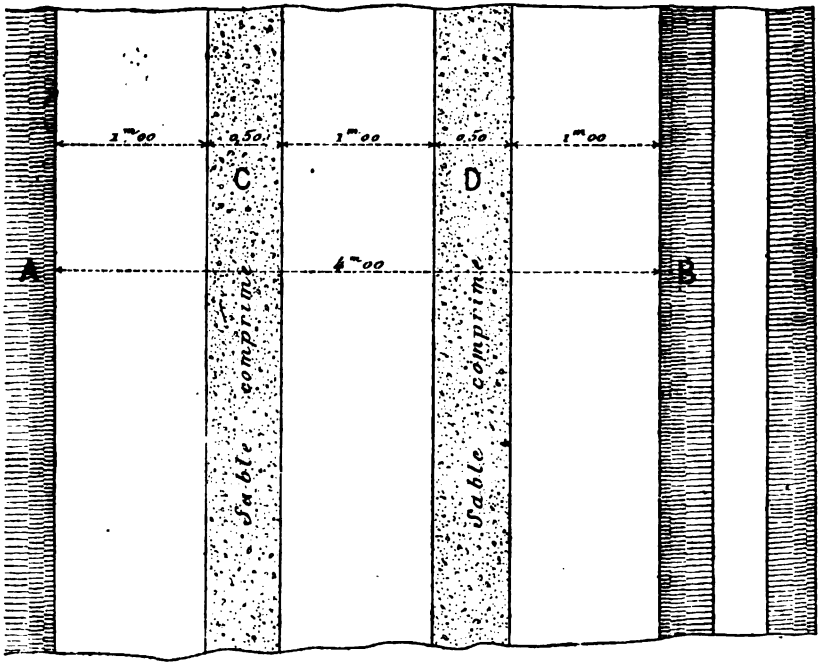
La figure représente la coupe en travers du nouveau chemin à simple voie dont la plate-forme A B a seulement 4 mètres de largeur.

On voit tout de suite une économie considérable à réaliser dans la

construction des lignes nouvelles puisqu'on pourra réduire de deux mètres la largeur de leur plate-forme qui, aujourd'hui, n'a pas moins de 6 mètres quand elle doit être recouverte d'une couche de ballast en saillie de 60 centimètres d'épaisseur.

Plan de la plate-forme du chemin.

Fig. 5.



Les fossés C et D, creusés dans la plate-forme et au-dessous de chaque ligne de rails, auront 50 centimètres de largeur et autant de profondeur. Ils seront remplis de sable répandu en couches successives, arrosé à grande eau, et pilonné comme des murs en pisé.

Les grains de sable finiront par être tellement serrés les uns contre les autres, que l'eau ne pourra plus passer au travers. Nous obtiendrons ainsi de véritables murs en sable comprimé, bien étanches, qui auront la densité et la consistance des chaussées en macadam des routes ordinaires où les eaux de pluie ne peuvent plus pénétrer après qu'on y a fait passer, à plusieurs reprises, le rouleau compresseur. La plate-forme elle-même sera disposée de manière à ce que les eaux de

pluie puissent s'écouler facilement à droite et à gauche du chemin sans séjourner à la surface.

Les couronnements des deux murs bien tassés et bien réglés seront au même niveau dans les parties du chemin qui sont en ligne droite; mais dans les courbes, le mur correspondant à la ligne du plus grand rayon devra être plus élevé que l'autre du nombre de centimètres qu'on donne toujours au rail extérieur, au-dessus de l'autre, en proportion inverse de la longueur du rayon de la courbe.

Provenances du sable employé. — Le sable proviendra des rivières, des ruisseaux ou des carrières à proximité du chemin. On pourra, avec non moins d'avantages, faire usage du sable des dunes de la mer, ou bien de celui qu'on obtient en passant dans une claie à mailles bien serrées, du ballast ordinaire ou des scories de forges. On peut encore s'en procurer en écrasant des pierres avec des machines spéciales.

Je ne vois pas pourquoi, à défaut de sable, on ne ferait usage de la terre à l'état de poussière, comme celle sur laquelle reposent les cloches en fonte de Grieves des chemins égyptiens, ou celles de Livesey sur quelques lignes de l'Amérique méridionale et des colonies anglaises.

En Europe, partout où se construisent des maisons, on a du sable pour faire du mortier; nous en trouverons donc toujours en quantités suffisantes pour remplir les deux fossés de la plate-forme dans les conditions que je viens d'exposer.

Les deux murs de sable comprimé constituent de véritables longrines en grès tendre, capables de résister à de fortes pressions verticales, comme le ferait un monolithe en pierre de taille ou en béton.

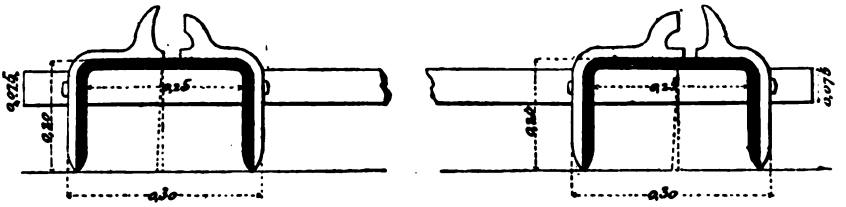
Les enclumes des plus puissants marteaux-pilons à vapeur des grandes usines reposent sur de tels massifs de sable solidement encaissé qui se comprime et se dilate comme le ferait un liquide très dense sans changer de forme et de nature, sous les coups de marteaux les plus violents. Je ferai observer encore que les gros pavés et les dalles en granit des rues des grandes villes sont également posés sur du sable, c'est le seul moyen de les maintenir en place.

Le sable comprimé, encaissé dans la plate-forme, est certainement ce qu'il y a de meilleur au monde pour la fondation de la voie ferrée que je propose et que je vais maintenant décrire.

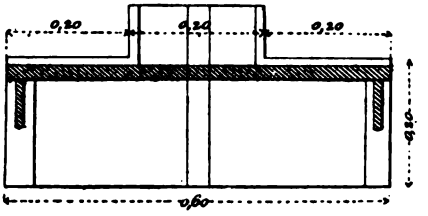
Traverse métallique. — La traverse est métallique et composée, comme celle de M. Livesey, de deux caissons-coussinets en fer ou en fonte servant de supports aux rails, dans le sens longitudinal de la voie, reliés entre eux par deux barres en fer plat servant d'entretoises qui les maintiennent rigoureusement à leur écartement normal, comme le font voir les figures que voici :

Coupe des deux caissons-coussinets en fonte en travers de la voie.

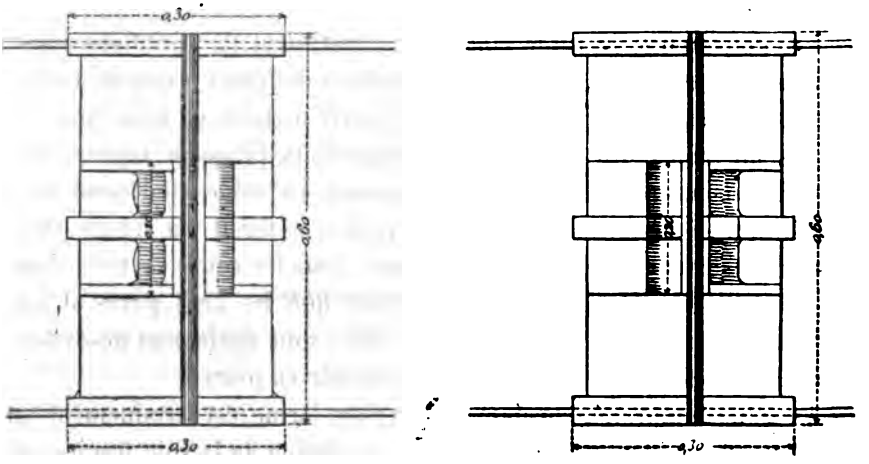
Fig. 6.



Élévation longitudinale.



Plan des deux caissons-coussinets en fonte.



Les parois verticales des deux caissons-coussinets sont taillées à

leur partie inférieure, en lame de couteau, pour faciliter leur pénétration dans le sable comprimé.

Pose de la traverse métallique. — Les caissons-coussinets assemblés et entretoisés comme le font voir les figures, sont posés sur le sable comprimé. En les frappant à petits coups répétés avec des hies de paveurs en bois, on les fera descendre jusqu'à ce que la plaque supérieure de chaque caisson vienne s'appuyer sur le haut du mur de sable. Ils s'y arrêteront, sans pouvoir descendre plus bas, quelle que soit la violence des coups de hie dont on continuerait à les frapper.

J'ai supposé qu'il y aurait une traverse par mètre courant de voie. Les caissons-coussinets ayant 60 centimètres de long, il y aura par conséquent 40 centimètres d'intervalle entre eux, excepté dans les courbes où les caissons supportant le rail intérieur, devront être un peu plus rapprochés.

Dans tous les cas, il n'y aura jamais plus de 40 centimètres de porte à faux entre deux supports des rails. Ceux-ci étant bien emboîtés dans chaque caisson, comme nous le ferons voir tout à l'heure, ne pourront subir aucune flexion au passage des trains les plus lourds, lors même qu'ils ne pèseraient par mètre courant que la moitié du poids qu'on est obligé de leur donner aujourd'hui.

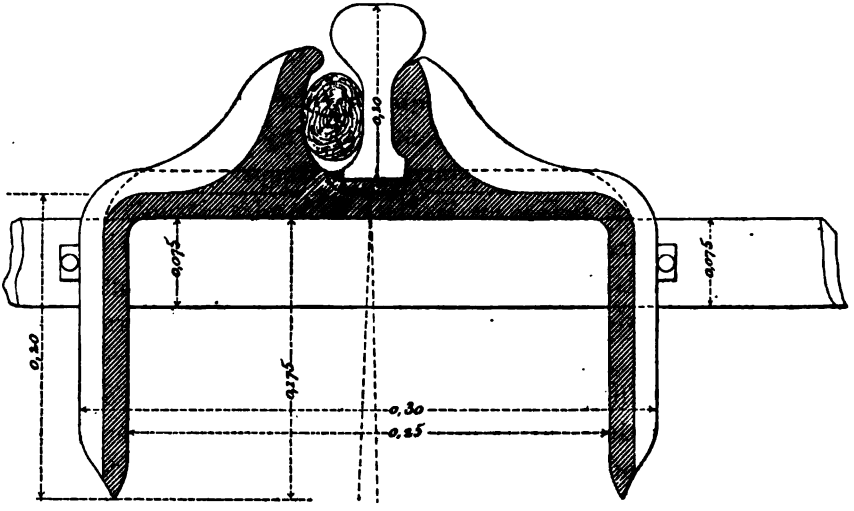
Chaque caisson portera à son milieu deux joues verticales en saillie ayant la forme et les dimensions de celles du coussinet ordinaire d'un rail à double champignon.

La surface des caissons-coussinets, enfoncés comme des pieux dans la couche de sable comprimé, devra être disposée de manière à ce qu'une longue règle de 10 mètres de long, étendue sur dix caissons consécutifs porte également sur chacun d'eux.

Attache des rails aux traverses métalliques. — C'est alors que l'on pourra poser les rails. Il suffira pour cela d'intercaler chaque rail entre les joues verticales des coussinets et de l'y attacher par des coins en bois de chêne, comme cela se fait sur tous les chemins, avec des rails à double champignon.

La figure ci-après fait voir de quelle manière un rail est attaché entre les deux joues verticales du coussinet.

Fig. 7.



Rail à double champignon inégal. — J'ai supposé qu'on emploierait des rails en acier à double champignon de dimensions inégales et dont la section est désignée en Angleterre sous le nom de *Bullhead*. Ils présentent autant de résistance, se courbent plus facilement et pèsent moins que des rails *Vignoles* qui ont la même surface de roulement.

Rien n'empêche cependant les Compagnies qui ont adopté le rai à patin, de l'ajuster à des caissons en fonte ou en tôle ayant des formes et des dimensions semblables à ceux que je viens de décrire et je crois inutile de les représenter ici par de nouvelles figures.

En raison de l'intervalle de 40 centimètres seulement qui sépare deux caissons consécutifs on ne donnera à ces rails que 10 centimètres de hauteur et 25 kilogrammes de poids par mètre courant. Le champignon du haut aura la même section que celui d'un rail plus élevé pesant 40 kilogrammes. Il durera autant que ce dernier, et quand il faudra le changer, on n'aura que 25 kilogrammes au lieu de 40 par mètre courant d'acier à jeter au rebut.

Ornière longitudinale encadrant le champignon du bas. — La figure ci-dessus fait voir qu'en *a*, le petit champignon du rail s'emboîte dans une ornière d'environ 15 millimètres de profondeur.

Cette ornière règne sur toute la longueur du caisson-coussinet, c'est-à-dire sur 60 centimètres.

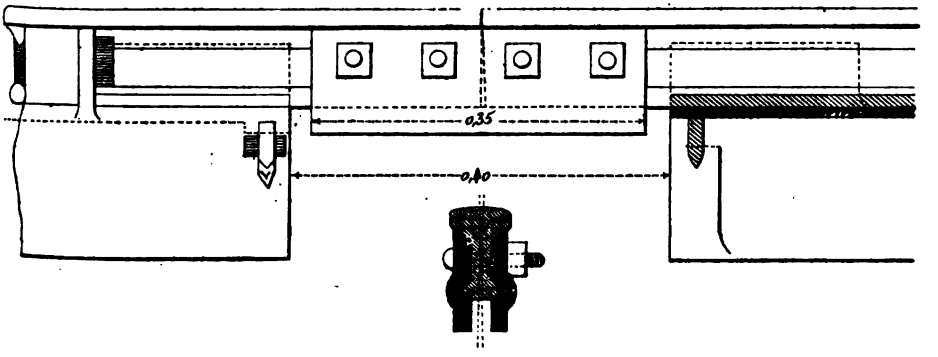
J'ai pu me convaincre, par des essais dans l'usine d'*Anderston Foundry, à Glasgow*, où M. James Bunten, son directeur, avait bien voulu faire fondre un certain nombre de ces caissons-coussinets, qu'il est impossible au champignon du bas, encadré dans son ornière, de reposer d'une manière égale sur les 60 centimètres de longueur du caisson qui lui sert de base. Quand on fait tomber sur le rail le lourd mouton d'une sonnette, les pressions inégales qui s'exercent sur la fonte, tendent à la briser.

Substance compressible élastique à mettre au fond de l'ornière. — Je regarde comme absolument nécessaire de déposer au fond de l'ornière, soit une lame en bois, soit un ruban de substance élastique qui servira de coussin et répartira également la pression du rail sur toute la longueur du caisson.

Je regarde cet accessoire à mon projet comme étant d'une absolue nécessité.

Joints des rails. — Les joints des rails auront lieu au milieu de l'intervalle qui sépare deux caissons-coussinets; ainsi que le font voir les figures ci-dessous :

Fig. 8.



Les éclisses sont semblables à celles de la voie du Métropolitain de Londres. Elles rendent le joint aussi résistant que si le rail était continu.

Attache des rails aux caissons-coussinets. — J'ai déjà fait

observer que les deux mâchoires en saillie au milieu du caisson, venues de fonte avec lui, serviront, au moyen d'un seul coin en bois de chêne ou en lames d'acier enroulées en spirale, dont on fait grand usage sur les chemins de l'Inde, à y attacher le rail, comme cela a lieu avec les coussinets ordinaires d'une voie à double champignon.

Changement de rails. — Quand il s'agira de changer un rail, on déboulonnera les éclisses des joints, on fera sauter, à coups de marteau les coins en bois ou à ressorts en métal qui l'attachent aux coussinets; cette opération est la plus simple et la plus rapide que l'on connaisse pour renouveler une voie ferrée. Elle sera d'autant plus facile qu'il n'y aura rien à changer dans la position des caissons qui supportent les rails.

Comparaison entre la nouvelle voie et celle actuellement en usage. — Comparons maintenant le nouveau système avec celui en usage aujourd'hui.

On estime que la durée d'un rail en acier doit être, en moyenne, de vingt-cinq ans sur les lignes à grand trafic.

Pendant ce temps, il faudra renouveler trois fois les traverses en bois de sapin, et deux fois celle en bois de chêne.

Pour un semblable travail, on est obligé de relever le ballast sur toute la largeur de la plate-forme; d'arracher les crampons ou tirefonds des traverses mises au rebut (il est rare que ce petit matériel puisse servir encore); de saboter de nouvelles traverses et procéder avec de vieux rails à la réfection de la voie; d'employer de nouveaux crampons ou tirefonds pour les attacher aux traverses; d'opérer un nouveau bourrage du ballast, et de faire passer les trains bien lentement jusqu'à ce que la voie ait atteint son niveau définitif.

Cela étant fait, quelle sera la résistance d'une traverse, quand une lourde locomotive passera dessus en grande vitesse, comparée à celle d'un caisson coussinet en fonte définitivement assis sur une couche de sable comprimée dont les éléments, emprisonnés entre quatre parois verticales, ne peuvent pas se déplacer, aussi inébranlable que la fondation d'une enclume de marteau-pilon ou que le socle en granit d'un édifice?

On me fera sans doute cette objection : comment se fait-il que ce système, s'il a réellement les avantages que vous lui attribuez, n'ait

pas été essayé ou même proposé, depuis plus de cinquante ans que l'on construit des chemins de fer sur toute la surface du globe?

Fondation de la voie ferrée analogue à celle des édifices. — A cela je répondrai qu'avant de creuser des tranchées profondes dans le sol pour y asseoir les fondations des temples et des palais de l'Égypte et de la Grèce, les architectes de l'antiquité ont dû faire ce que font les sauvages qui batissent leurs cabanes sur des cadres en charpente étendus simplement sur le sol, et qu'ils maintiennent en place en bourrant, au-dessous, des pierres, des cailloux, du sable ou de la terre.

Il n'est donc pas surprenant qu'à l'origine des chemins de fer les ingénieurs aient opéré, pour la fondation des voies ferrées, comme le font les peuples sauvages pour leurs habitations, en attendant que les ingénieurs de l'avenir aient reconnu les avantages d'établir les voies ferrées sur des fondations aussi solides et aussi inébranlables que le sont celles des temples et des palais de l'antiquité.

Analogie du pavage en bois des grandes rues des villes. — Je répondrai à la même objection par un autre exemple: Voilà, à ma connaissance, plus de cinquante ans que l'on a essayé de paver en bois les rues des grandes villes. On n'a pas réussi d'abord parce qu'on a cru devoir traiter les pavés en bois comme ceux en granit ou en grès, en les faisant reposer sur une couche de sable.

Mais est venue l'idée de faire reposer les blocs sur une couche épaisse et solide de béton en ciment portland, qui empêche l'eau d'y pénétrer, et depuis lors, il y a dix ans, le pavage en bois est appliqué en grand à Londres; il ne tardera pas à l'être à Paris.

Je considère aujourd'hui le problème du pavage en bois des grandes villes comme complètement résolu (nouvelle et très puissante raison d'arrêter l'effrayante consommation de bois dans les voies ferrées, en remplaçant la destruction de cette grande richesse naturelle par la production d'une richesse industrielle et l'accroissement correspondant d'un travail national).

Il en sera de même pour la voie permanente des chemins de fer dont j'ai proposé la réforme, qui est devenue une nécessité si l'on veut faire circuler les trains de voyageurs en toute sécurité, sans secousse sans crainte de déraillement, comme des traîneaux sur un étang

glacé, à des vitesses moyennes supérieures à 100 kilomètres à l'heure.

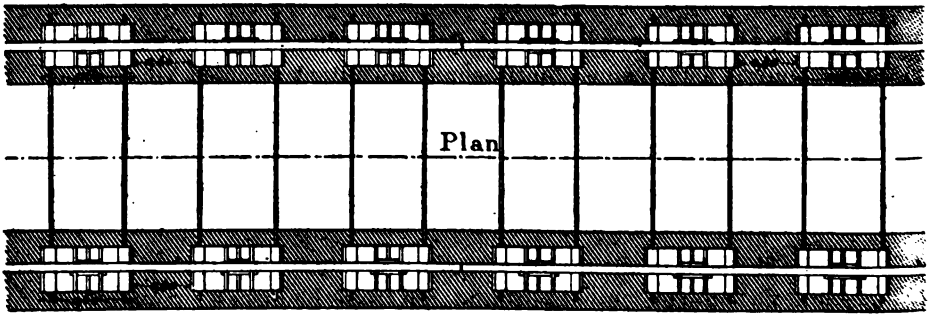
Arrivée à son état définitif, la voie que je propose serait représentée par les figures ci-dessous.

Élévation longitudinale.

Fig. 9.

On remarquera qu'entre les caissons et sous le rail, se trouve une rigole par où peut s'écouler librement l'eau de pluie qui, de cette manière, ne séjournera jamais sur la voie.

Fig. 10.



Voie nouvelle gazonnée. — Après la pose définitive de la voie que je viens de décrire, elle n'aura plus besoin d'être relevée. On couvrira tout le chemin d'une couche de terre végétale; on y sèmera du gazon que, par des temps de sécheresse, des tenders remplis d'eau, attelés à des trains de marchandises, pourront facilement arroser. On ne verra plus sur les chemins ni boue ni poussière, et on pourra réduire à plus de moitié le nombre des ouvriers employés aujourd'hui à l'entretien.

Suppression de la boue et de la poussière. — Je n'ai pas besoin de faire remarquer les avantages de la suppression de la pous-

sière pour le confort des voyageurs et pour la durée du matériel roulant. Ils sont trop évidents pour qu'il soit nécessaire d'insister sur leur importance.

J'ai fait voir que, par les moyens indiqués, on peut obtenir une voie ferrée régulière, solide et durable; il me reste à démontrer qu'elle est plus économique que celles qui sont le plus en usage.

Économie d'établissement de la voie nouvelle. — Pour faire la comparaison du prix de revient de la nouvelle voie avec celles où l'on commence à faire usage de rails de 30 pieds ou 9 mètres de long, je ferai le calcul de ce que coûtera la nouvelle voie sur une longueur de 9 mètres, résultant de l'emploi de 9 traverses.

Prix de revient du mètre courant de la nouvelle voie.

1° *Creusement des fossés dans la plate-forme.*

Ces fossés, semblables à ceux des conduites d'eau et de gaz dans les rues des villes, de $0^m,50$ de profondeur et autant de largeur, ne coûtent pas plus de 0 fr. 50 par mètre courant.

Les 18 mètres de longueur des deux fossés reviennent donc au plus à une dépense totale de 9f 00

2° *Remplissage des fossés par du sable.*

Le sable qui se trouvera à proximité de la voie ferrée ne coûtera pas plus cher que du ballast ordinaire environ 3 francs par mètre cube.

Sa pose dans les conditions décrites plus haut nécessitera peut-être une dépense supplémentaire de 2 francs par mètre. Il reviendra donc alors en totalité à 5 francs par mètre.

Celui contenu dans les deux fossés du chemin sur 9 mètres de longueur aura un volume de 50 centimètres cubes par mètre courant de voie ou de $4^m,50$ pour les 9 mètres de chemin, $4^m,50$ cubes de sable comprimé à 5 francs forment une somme totale de. 22f 50

A reporter. 31f 50

Report. 31f 50

3° *Traverses métalliques.*

Le poids de chaque caisson-coussinet en fonte sera d'environ 45 kilogrammes, soit 90 kilogrammes pour les deux.

Ces caissons, beaucoup plus lourds que les coussinets ordinaires des rails à double champignon, ne devraient pas coûter plus cher par kilogramme.

Actuellement, en Angleterre, des coussinets sont achetés au prix de 3 livres sterling et 10 shillings, par tonne. Je pourrai donc admettre que les caissons de la nouvelle traverse ne reviendront pas à plus de 4 livres sterling ou 100 francs par tonne.

Les 90 kilogrammes des deux coussinets coûteront donc 9 francs, et pour les 9 traverses la somme de 81f 00

4° *Barres transversales en fer, servant à maintenir l'écartement normal des caissons.*

Chaque barre pèsera environ 10 kilogrammes. Il y en aura deux par traverse, et par conséquent 18 pour les 9 traverses. Elles pèseront en tout 180 kilogrammes et pour du fer ordinaire qui vaut environ en Angleterre 160 francs la tonne elles coûteront 28f 80

5° *Clavettes à attacher les barres d'écartement aux plaques verticales des caissons.*

Il y en aura quatre par barre et par conséquent 72 pour les 18 barres. Chacune d'elles ne coûtera pas plus de 0 fr. 20 occasionnant une dépense totale de 14f 40

6° *Rails en acier à double champignon inégal.*

J'ai expliqué plus haut que ces rails pourront peser seulement 25 kilogrammes par mètre courant.

18 mètres courant de rails à 25 kilogrammes par mètre, pèsent en totalité 450 kilogrammes.

Au prix où ils sont cotés sur le marché qui est de 160 francs la tonne, ils reviennent à 72f 00

A reporter. 227f 70

Report. 227f 70

7° *Pose de la voie ferrée.*

On estime ordinairement les frais de coltinage et de pose à 1 franc le mètre courant de voie.

Si l'on tenait compte des frais de main-d'œuvre pour relever à trois reprises différentes la voie ferrée ordinaire, bourrer le ballast sous les traverses, je serais en droit d'affirmer que l'enfoncement des caissons-coussinets dans les murs en sable comprimé, ne devrait pas coûter plus cher. Cependant, pour aller au-devant des objections à ce sujet, et surtout pour tenir compte de la bande élastique qui doit être mise au-dessous du champignon du bas du rail sur toute la longueur du caisson, je porterai à 2 francs par mètre courant, les frais de pose de la voie définitive, et on aura pour ce chapitre de dépenses une somme de 18f 00

8° *Fourniture de coins en bois dur ou spirales à ressorts en acier.*

Chacun de ces coins ne reviendra pas, en moyenne, à plus 0 fr. 30; soit, pour les 18 employés sur les 9 mètres de chemin 5f 40

Total. . . . 251f 10

Ce chiffre fait ressortir le mètre courant de voie au prix de 27 fr. 90.

Mettons en regard de ces chiffres les frais d'établissement de la voie ferrée sur traverses en bois, actuellement en usage sur les grandes lignes d'Angleterre et de France.

Voie avec rails à double champignon des chemins de fer anglais. — 1° Ballast ordinaire en sable ou gravier. 2 mètres cubes par mètre courant ou 18 mètres cubes pour les 9 mètres de chemin à 3 francs le mètre cube. 54f 00

2° 12 traverses en sapin à 5 francs l'une 60f 00

3° 24 coussinets en fonte pesant chacun 20 kilogrammes ou 480 kilogrammes à 100 francs la tonne 48f 00

A reporter 162f 00

Report.	162f 00
4° 72 chevillettes ou crampons pour attacher les coussinets aux traverses à 0 fr. 30 l'une	21f 60
5° 18 mètres courants de rails en acier pesant 40 kilogrammes par mètre ; 720 kilogrammes à 60 francs la tonne	115f 20
6° 18 coins en bois de chêne	5f 40
7° Pose de la voie, 9 mètres à 1 franc	9f 00
Total.	313f 20

et par mètre courant 34 fr. 80.

Voie en rails vignoles des chemins de fer français. —

1° Ballast choisi en pierres cassées, 18 mètres cubes à 3 fr. 50 le mètre	63f 00
2° 12 traverses en bois de chêne à 6 francs la traverse . . .	72f 00
3° Rails pesant 40 kilogrammes par mètre 720 kilogrammes à 160 francs la tonne	115f 20
4° 48 chevillettes, tirefonds ou crampons à 0 fr. 30	14f 40
5° Pose de la voie sur 9 mètres	9f 00
Total. . . .	273f 60

Ce qui fait ressortir le prix du mètre courant de la voie à 30 fr. 30.

On voit donc qu'il y a économie, dans les frais de premier établissement d'un chemin de fer, à employer le système de pose de la voie sur traverses métalliques que je viens de décrire.

Économies autres que celles du premier établissement. — Mais ce n'est pas seulement l'économie dans l'établissement de la voie permanente qu'il y a à retirer de ce nouveau système ; j'en trouve de bien plus importantes encore ; 1° dans la réduction de 2 mètres de largeur de la plate-forme ; 2° dans la suppression du renouvellement qui a lieu tous les huit ans pour les traverses en sapin, et tous les douze ans pour celles en chêne ; chaque renouvellement occasionnant presque autant de frais de main-d'œuvre que la pose d'une voie neuve ; 3° et surtout, dans la suppression des équipes d'ouvriers poseurs qui ont à surveiller constamment la voie, soulever, bourrer le ballast sous les traverses, etc. Après que la voie aura été solidement établie

telle que je viens de l'indiquer, il n'y aura pas à y faire plus d'attention que si elle reposait sur les poutres armées en fer d'un pont ou d'un viaduc; les équipes d'entretien seront remplacées par quelques surveillants qui n'auront qu'à se promener le long du chemin et s'assurer que les rails sont toujours bien maintenus par les coins entre les mâchoires des coussinets.

Je trouverais bien d'autres avantages au profit du matériel roulant, si je pouvais estimer exactement la diminution qui va se produire dans l'usure des rails, des bandages et des ressorts, dans la dislocation des organes des locomotives et autres véhicules, etc., etc.

Tout cela est tellement évident, que je crois inutile de chercher d'autres raisons à ajouter à celles que je viens de donner, et j'espère que les ingénieurs voudront bien se décider à faire l'essai de ce système sur quelques kilomètres d'une voie à grand trafic, et sur laquelle les trains circulent à une très grande vitesse, vitesse qu'on pourra doubler sans le moindre danger.

AVIS

Je prie MM. les Ingénieurs qui auraient des observations ou des objections à faire au sujet de ce Mémoire, de me les adresser au n° 2, Edinburgh Mansions, Victoria Street, S. W. London (Angleterre).

CH. BERGERON.

NOTICE

SUR

L'ASCENSEUR HYDRAULIQUE

POUR BATEAUX

(Système Edwin Clark)

PAR M. HARRAND.

Principe de l'appareil. — L'ascenseur se compose de deux presses hydrauliques verticales dont les corps de pompes sont mis en communication par une conduite qu'une valve permet d'ouvrir ou d'interrompre à volonté ; chacun des pistons supporte un sas métallique dans lequel flotte le bateau à élever ou à abaisser au niveau du bief supérieur ou du bief inférieur.

Les presses et les sas sont identiques ; les branches mobiles, avec ou sans bateau, sont du même poids.

C'est donc une balance hydraulique que peut mettre en mouvement une petite surcharge dans un des sas.

Ascenseur d'Anderton (*Angleterre*). — Le premier appareil de ce genre, conçu et projeté par M. Edwin Clark, a été étudié dans ses détails et établi, en 1875, à Anderton, près Northwich, par M. Sidengham Duer.

Il rachète la chute de 15^{m},35 qui existe entre le canal de Trent et Mersey et la rivière Weaver.

Les sas mobiles, remplis d'eau au niveau normal (soit de 1^{m},37), pèsent chacun environ 240 tonnes.

Une tranche d'eau supplémentaire de 15 tonnes est la surcharge qui détermine le mouvement.

Les pistons ont 91 centimètres de diamètre; la pression de l'eau, dans les presses est de 37 atmosphères.

La longueur du sas est de 22^{m},85 et la largeur de 4^{m},73.

Le chargement d'un bateau est de 100 tonnes au plus.

La description détaillée de la construction et du fonctionnement de l'élévateur d'Anderton a déjà été faite dans un certain nombre de publications [1]. (Voir le dessin de l'ascenseur, Pl. 59, fig. 3 à 5.)

Cet appareil a fonctionné depuis juillet 1875 jusqu'au 18 avril 1882; à cette date, la rupture d'une des presses interrompit le service [2], mais le succès de cet engin, pendant sept années de marche non interrompue, a été tel que sa remise en état est réclamée avec instance par la batellerie.

Raisons de son établissement. — Suivant M. Duer, on a adopté cet élévateur, de préférence à une chaîne d'écluses, pour les raisons suivantes :

1° Il est moins coûteux, tant au point de vue de la dépense d'établissement qu'à celui des frais d'exploitation;

2° Il réduit la dépense d'eau dans une proportion telle que cette dépense est même insignifiante (environ 15 tonnes) par rapport à celle d'une écluse simple;

3° Il permet de faire passer dix fois plus de bateaux qu'une chaîne d'écluses de même hauteur; nous avons personnellement constaté qu'il ne fallait pas plus de 10 minutes pour un passage complet, toutes manœuvres, d'entrée et de sortie du bateau, d'ouverture et de fermeture des portes, comprises;

4° Il occupe une superficie de terrain bien moindre qu'une chaîne d'écluses, et enfin,

5° Dans le cas d'une alternative de bateaux montants et descendants, il fait l'office d'une chaîne d'écluses double.

1. *Bau u. Betriebsweise eines deutschen Canalnetzes v. Bellingrath.* Berlin 1879, Ernst u. Korn.

Die Wasserstrassen Nord Europa's u. Max Maria Freiherr v. Weber. Leipzig 1881, Wilh. Engelmann.

Minutes of Proceedings Inst. Civ. Eng : March 21-1876.

Annales Industrielles. Cassagnes directeur. Paris 1876.

Annales des travaux publics. N° 2, 1880.

Notice sur les Élévateurs et Plans inclinés, de M. Hirsch, ingénieur en chef des ponts et chaussées (Imprimerie Nationale, 1881). Etc. etc.

2. Voir à la fin de la notice : *Accident d'Anderton.*

Cet élévateur, dans lequel le bateau flotte et se trouve, par conséquent, dans les meilleures conditions de durée, présente de tels avantages pour les grandes chutes, son fonctionnement est si simple et si régulier, qu'il devait nécessairement attirer l'attention des gouvernements étrangers.

Amplification de l'ascenseur d'Anderton. — Des ingénieurs français [1], belges et allemands l'étudièrent sur place et déclarèrent que, moyennant certaines modifications, son amplification pour bateaux de 300 tonnes en France, de 400 à 450 tonnes en Belgique, était possible; l'application en fut résolue en France, mais, jusqu'à ce jour, pour des cas isolés seulement.

En effet, les ascenseurs en exécution ou projetés, dont nous dirons quelques mots plus loin, ne sont destinés qu'à doubler des chapelets d'écluses existants, ou à en tenir lieu sur les canaux en construction.

Nous pensons qu'un rôle plus important leur est réservé, car ils permettent de modifier, avec avantage, dans certains cas, les principes suivant lesquels les canaux à point de partage ont été tracés jusqu'à ce jour.

Nous venons de contribuer à l'étude d'un avant-projet de canal de la Garonne à la Loire supérieure, qui comporte précisément une application générale des ascenseurs dans les terrains accidentés, conjointement d'ailleurs avec celle des écluses dans les vallées.

Types d'ascenseurs (*transversal et longitudinal*).— Avant d'examiner les circonstances dans lesquelles cette application générale devient avantageuse, remarquons que, si l'ascenseur d'Anderton et ceux en cours d'exécution en France et en Belgique comportent deux sas parallèles, ou côte à côte, dont les courses rachètent la même chute comprise entre les mêmes biefs, il est toutefois possible, sans modifier le principe de l'appareil, de disposer les sas longitudinalement, dans

1. Rapports de missions de :
MM. de Mas et Vétillard, ingénieurs des ponts et chaussées. 5 février 1879 (manuscrit).
Bertin, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Douai, 26 février 1879 (manuscrit).
Berthet, ingénieur des ponts et chaussées. Valenciennes, 27 janvier 1880 (autographié).
Quinette de Rochemont, ingénieur en chef des ponts et chaussées. 11 février 1880 (autographié).
G. Cadart, ingénieur des ponts chaussées. Langres, 19 février 1881 (imprimé).

le sens du canal, de telle sorte que la position supérieure du sas aval corresponde à la position inférieure du sas amont (voir l'épure de l'ascenseur longitudinal, pl. 60, fig. 3 à 5).

Dans ce cas, une surcharge permanente dans le sas aval, sensiblement égale au poids de la colonne d'eau de la presse supérieure, rétablit le système dans les conditions d'équilibre de la disposition à sas parallèles.

Il paraît jusqu'à présent convenable, pour des motifs de construction, de ne pas donner aux pistons une course supérieure à 20 mètres. La différence de niveau des biefs, dans le cas d'une application de l'ascenseur transversal ou à sas parallèles, ne dépassera donc pas 20 mètres, et l'élévateur pourra fonctionner comme une écluse double, si un bateau monte pendant qu'un autre descend.

L'ascenseur longitudinal, qui fait l'office d'une écluse simple, permet de racheter des chutes doubles de celles de l'ascenseur transversal.

On estime que la durée du passage d'un bateau de 300 tonnes par une branche de l'ascenseur transversal variera de 10 à 15 minutes, et que le passage par les deux branches de l'ascenseur longitudinal ne durera pas plus de 20 à 25 minutes, les manœuvres d'entrée et de sortie des bateaux s'effectuant au moyen de cabestans hydrauliques.

Observons ici que la faible chute (3 à 4 mètres) des écluses simples ne permet généralement pas de se servir d'autres moyens de traction que des moyens habituels (hommes ou chevaux) et que la durée du passage par l'écluse, même avec une augmentation de section et des dispositions spéciales pour opérer rapidement le remplissage et la vidange du sas, ne peut être inférieure à 25 minutes.

Il semble inutile d'insister sur les avantages qu'il y a à adopter, pour de grandes dénivellations, la disposition longitudinale, toutes les fois que l'importance du trafic ne justifie pas l'application de l'ascenseur transversal.

Nous supposerons, dans les comparaisons que nous aurons à faire entre le système des ascenseurs et celui des écluses, qu'il s'agit de bateaux de 300 tonnes, et que la chute moyenne des écluses étant de 3 mètres, l'élévation moyenne des ascenseurs avec branches conjuguées longitudinalement est de 30 mètres.

Système d'élévation à adopter suivant la configuration

du sol — Les petites ondulations de la plaine et les vallées à pentes douces se prêtent parfaitement à l'établissement des écluses à sas ; on ne pourrait même pas racheter différemment les pentes faibles sans augmenter outre mesure le cube des terrassements ou sans dépasser le coût d'établissement de l'écluse ordinaire ; la hauteur rachetée par l'écluse, quoique faible, correspond dans ce cas à une longueur de bief suffisante pour de bonnes conditions de navigation.

Mais si la pente augmente, les écluses sont multipliées, les biefs deviennent courts et nécessitent des élargissements ou des approfondissements ; souvent même on est obligé d'accoler plusieurs écluses à la suite, et alors, la plus grande consommation d'eau d'une part, la réduction de la puissance de trafic de l'autre, placent le canal dans des conditions d'infériorité marquée. On n'atténue ces inconvénients qu'en augmentant les frais de l'alimentation et en doublant les échelles d'écluses.

Dans les contrées plus accidentées, ces inconvénients seraient encore plus accusés et la voie navigable ne soutiendrait même pas la concurrence avec les chemins de fer. On abandonne alors l'étude de ces tracés, souvent plus directs, mais défectueux au point de vue des transports, pour en chercher d'autres qui évitent les difficultés de terrain en les contournant.

C'est dans les régions accidentées que l'application des ascenseurs devient nécessaire ; elle modifie les conditions d'établissement et d'exploitation du canal en permettant de suivre le tracé direct, et en conservant à ce tracé les avantages d'une bonne navigation.

Les frais de traction d'un chemin de fer établi dans ces contrées se ressentent du nombre et de l'importance des déclivités du profil en long, tandis que le bateau, traîné dans des biefs horizontaux, passe de l'un à l'autre au moyen d'ascenseurs qui lui font franchir 30 mètres en moins de temps qu'il en faut pour traverser une écluse simple de 3 mètres ; l'élévateur hydraulique est bien l'unique engin compatible avec des transports économiques en pays de montagne.

Propriétés et avantages des ascenseurs. — La propriété caractéristique de l'ascenseur, celle d'élever rapidement les bateaux à une grande hauteur, a donc pour effet d'abaisser virtuellement les altitudes sous le rapport du temps nécessaire pour les franchir.

Relativement au temps qu'exigerait l'élévation par écluses sim-

ples, cet abaissement est d'environ les $\frac{9}{10}$ de la hauteur, c'est-à-dire qu'on peut atteindre aussi vite la cote 1,000 avec les ascenseurs que la cote 100 avec les écluses simples.

Nous avons déjà dit, mais en d'autres termes, que les ascenseurs permettaient d'établir des canaux là où l'allongement virtuel dû au système des écluses simples ou en chapelets les aurait rendus commercialement défectueux.

Mais même si l'adoption des écluses dans les régions accidentées donnait une solution satisfaisante, il conviendrait d'étudier l'application des ascenseurs, car ces engins peuvent encore améliorer les conditions du tracé au point de vue de sa longueur réelle et de l'allongement virtuel et faciliter, par la création de biefs plus longs, le développement de la traction mécanique. Le nouvel appareil a donc une influence favorable sur les principaux éléments du prix du fret.

Les ascenseurs réduiront la longueur réelle du tracé, puisqu'en augmentant les différences de niveau entre les biefs consécutifs ils permettront de suivre la voie la plus courte, d'aborder sans détours les versants qui conduisent au bief de partage ou bien les divers étages des terrains rencontrés.

Ils réduiront également l'allongement virtuel donné par le système des écluses simples jusque dans la proportion de $\frac{9}{10}$. En effet, la durée du passage par une écluse de 3 mètres de chute correspondant à 1 kilomètre de chemin parcouru en canal, le passage par un ascenseur de 30 mètres d'élévation, n'exigeant pas plus de temps, représentera également 1 kilomètre, et, la hauteur totale à franchir dans les deux hypothèses étant la même, l'allongement virtuel dû aux ascenseurs ne sera que le $\frac{1}{10}$ de celui qui résulterait de l'emploi des écluses.

Il résulte, de ce que les durées du passage par une écluse et un ascenseur sont les mêmes, que les canaux établis suivant les deux systèmes, propres chacun à des configurations différentes du sol, pourront se souder sans modifier l'économie générale des transports, puisqu'ils auront la même puissance de trafic.

Les ascenseurs se prêtent commodément aux ressauts brusques du terrain, non seulement à cause de leur grande chute, mais encore parce que leur faible consommation d'eau permet de réduire la longueur des biefs à ce qui est absolument nécessaire au croisement des bateaux et que la longueur restreinte de l'appareil par rapport à la

hauteur franchie donne la facilité de plier le tracé suivant les exigences du terrain.

Profitant de ces conditions d'établissement, il sera possible d'étager des ascenseurs, sans grandes difficultés ni travaux extraordinaires, sur des versants ondulés et de racheter avec une faible longueur de tracé des différences de niveau considérables.

On a pu, dans l'avant projet du canal de la Garonne à la Loire supérieure, franchir 310 mètres de hauteur au moyen de 10 ascenseurs étagés sur une longueur de canal de 6 kil. 500 seulement (voir les plans, profil en long et de détails de l'application des ascenseur sur le terrain, pl. 60, fig. 1 et 2).

Bien que la consommation d'eau des éclusées ordinaires soit généralement faible par rapport aux pertes du canal par filtrations et évaporation, son importance augmentant en raison du trafic et du nombre des écluses accolées en chapelet, on serait souvent bien aise de pouvoir la réduire, surtout dans le voisinage des points de partage à bassins peu étendus.

Sous ce rapport, les ascenseurs donnent encore la solution.

Tandis qu'une écluse simple pour bateau de 300 tonnes et de 3 mètres de chute consomme environ 600^{mcs} par passage, l'ascenseur transversal ou longitudinal n'exige que 60^{mcs} et même 20^{mcs} avec l'emploi de réservoirs compensateurs (voir la description de l'ascenseur des Fontinettes, pl. 59, fig. 10).

Il semble que la nécessité toujours croissante des transports à bon marché conduira à généraliser, dans un avenir peu éloigné, l'emploi des ascenseurs, pour combler les lacunes que présente le réseau des voies navigables dans les régions accidentées et sur les plateaux.

Sécurité qu'offrent les ascenseurs. — Si les avantages des ascenseurs sont incontestables, leur application sur une grande échelle présente-t-elle les mêmes garanties de sécurité que les écluses, qui sont des appareils simples et rustiques, faciles à entretenir et à réparer et fonctionnant même quand ils sont en médiocre état?

On peut répondre en invoquant les témoignages de constructeurs qui n'hésitent pas à garantir l'exécution et le bon fonctionnement de ces engins, ainsi que ceux des ingénieurs qui se sont spécialement occupés de la question; mais étant admis qu'on peut exécuter des presses

résistant à des efforts considérables [1], tandis que celles projetées pour les ascenseurs, en France, ne travaillent qu'à 28 atmosphères, on ne conçoit pas comment, avec une verticalité parfaite des presses et un nombre suffisant de guidages rigides, l'appareil pourrait manquer.

Les sas se font équilibre à la fin de la course que limite, en tout cas, un mouvement automatique de la valve de communication des presses, et, pourvu que le mouvement de l'eau entre les presses soit interrompu, dans la position d'équilibre comme en tout autre point de la course, les sas sont absolument fixes et stables.

Puisque les éléments principaux de l'ascenseur, sas et presses, permettent une confiance absolue, lors même que, par l'effet du temps et de l'usure, les accessoires tels que valves, chaînes, poulies, etc., devraient être remplacés, il suffira de prendre les dispositions convenables et d'avoir toujours sous la main quelques pièces de rechange pour éviter tout chômage.

Dépenses de construction. — Le coût d'établissement d'un ascenseur à deux branches transversales ou longitudinales, pour bateaux de 300 tonnes, peut être évalué moyennement à 1 million 200,000 francs, dans lesquels le prix de la partie métallique, pesant de 1,000 à 1,200 tonnes, figure, au cours du jour, pour environ 600,000 francs.

Comparant le prix d'un ascenseur longitudinal de 30 mètres de hauteur à celui de 10 écluses de 3 mètres estimées à 90,000 francs chaque, on trouve une économie de 300,000 francs par 30 mètres d'élévation en faveur des écluses.

Mais, pour des applications isolées, les inconvénients des chapelets d'écluses commanderont, dans bien des cas, l'emploi des élévateurs hydrauliques et la question de dépense devient secondaire.

Dans une application générale des ascenseurs, l'intérêt (soit 15,000 francs) de l'excédent des frais d'établissement sera largement compensé par l'économie réalisée sur le prix du fret, puisqu'en comptant une économie de 1 centime par écluse que l'ascenseur supprime, soit de 9 centimes par ascenseur, il suffira que le trafic atteigne 167,000 tonnes pour retrouver les 15,000 francs sous une autre forme; nous ne faisons même pas entrer en ligne de compte les bénéfices qui résul-

1. Au levage du pont de Britania les presses supportaient 573 atmosphères; au dock Victoria, elles sont soumises à 315 atmosphères; au dock de Bombay à 212 atmosphères; au dock de Malte à 165 atmosphères.

teront des longs biefs et de la réduction de la longueur réelle du tracé, conséquences de l'ascenseur.

Dans tous les cas, la durée des éléments principaux de l'ascenseur, que M. Clark évalue à plus de cent ans, ne donnera lieu qu'à un amortissement minime.

Frais d'exploitation et d'entretien. — Les dépenses d'exploitation, d'entretien et de grosses réparations d'un ascenseur seront probablement supérieures à celles de deux ou de trois chaînes d'écluses, mais nous pensons qu'elles se rapprocheront beaucoup de celles de dix écluses simples dont l'ascenseur peut tenir lieu.

Les frais annuels d'entretien, d'exploitation et de grosses réparations d'une écluse simple peuvent être évalués à 1,250 francs, soit 12,500 francs pour dix écluses simples.

Le personnel d'un ascenseur à deux branches se composera de trois hommes, et leur salaire s'élèvera à 4,500 francs environ. Il reste donc 8,000 francs pour l'entretien des sas et des presses, de l'accumulateur, de la machine à colonne d'eau et le renouvellement à de longs intervalles de quelques organes, tels que clapets, valves, poulies, chaînes, etc.

La plus forte dépense d'entretien sera affectée à la peinture des parties métalliques; le graissage des pistons, guides et organes de transmission du mouvement des portes et des valves, ainsi que le renouvellement des presse-étoupes seront fort peu dispendieux.

On commettrait une grande erreur en déduisant les frais d'entretien et d'exploitation des ascenseurs projetés de ceux de l'ascenseur d'Anderton, qui se trouve dans des conditions spéciales : là, le sas descendant s'immerge dans le bief d'aval et perd de son poids, dès lors, le sas ascendant ne peut plus achever sa course sans l'intervention d'une force extérieure. Cette force est produite par des pompes à vapeur qui chargent un grand accumulateur. La mise en activité et l'entretien de ces pompes sont fort coûteux.

Dans les nouvelles dispositions, le sas repose, au bas de sa course, sur une cale sèche et l'intervention d'une force extérieure n'est plus nécessaire.

L'accumulateur a, dans ce cas, pour objet de réparer les pertes d'eau causées par les fuites et d'actionner les portes et les cabestans, et la machine à colonne d'eau qui le charge n'exige qu'un faible

entretien. La force motrice est fournie par la chute d'eau que crée l'ascenseur.

Ainsi l'absence de toute machinerie compliquée et la possibilité de réduire le personnel à un mécanicien et deux manœuvres pour mettre en mouvement l'ascenseur, l'accumulateur, la machine à colonne d'eau, les appareils de levage des portes et les cabestans hydrauliques pour le déplacement des bateaux, permettent d'affirmer que les frais d'entretien et d'exploitation de l'ascenseur ne seront guère supérieurs à ceux de dix écluses simples.

ASCENSEURS A DEUX VOIES

Les ascenseurs pour bateaux de fort tonnage dont la construction est décidée sont : celui des Fontinettes (sur le canal de Neuffossé, près de Saint-Omer), et les quatre ascenseurs du canal de Bruxelles à Charleroi.

Les projets en ont été dressés par les ingénieurs anglais bien connus, MM. L. Clarck, Standfield et E. Clarck; semblables dans leurs dispositions principales à l'appareil d'Anderton, ces ascenseurs comporteront deux sas parallèles supportés, chacun, par un piston de presse hydraulique. Ils feront l'office d'écluses doubles, avec cette différence que dans une chaîne d'écluses doubles, chaque escalier peut, pour accélérer la marche, ne desservir que les bateaux allant dans un même sens (les bateaux peuvent alors se suivre [avec l'intervalle d'un sas libre), tandis que, pour éviter une course inutile des pistons, chaque branche de l'ascenseur devra faire passer alternativement des bateaux dans les deux sens.

Ascenseur des Fontinettes. — L'avant-projet de l'ascenseur des Fontinettes a été décrit dans la *Revue industrielle*, 5 octobre 1881, n° 40 (voir le dessin, pl. 59, fig. 8 à 10). Quelques modifications de détail y ont été apportées depuis :

Dans l'origine, les biefs et les sas devaient être munis à leurs extrémités de portes se rabattant vers l'intérieur. Le conseil général des ponts et chaussées a préféré le système des portes levantes, déjà en usage à Anderton; ce système réduit la longueur des sas et par suite celle de l'ouvrage ainsi que la charge sur les pistons.

On compte appliquer au levage des portes une disposition analogue à celle adoptée pour l'élévateur funiculaire du *Great-Western Canal* (Angleterre). Lorsque les portes des sas mobiles sont en présence de celles des biefs, on les rend solidaires au moyen de verrous, et un appareil de levage hydraulique appliqué aux portes des biefs effectue le mouvement de l'ensemble.

La conduite de communication des presses portera une valve fonctionnant automatiquement de manière à arrêter le mouvement de chaque sas au bas de sa course et à prévenir tout choc sur la cale sèche.

Description sommaire. — Chaque sas se compose de deux poutres en tôle, de forme d'égale résistance, armées de contreforts du côté extérieur et reliées, à leur partie inférieure, par des entretoises sur lesquelles repose un bordé de 10 millimètres.

La longueur du sas est de 40^{m},60, sa largeur de 5^{m},60 ; le mouillage normal est de 2 mètres.

Le profil convexe des poutres est tourné vers le bas, les semelles horizontales, garnies de consoles, portent des passerelles de service de 90 centimètres de largeur.

Les entretoises sont remplacées dans la partie centrale par des sommiers fortement contreventés auxquels est fixée la tête évasée du piston.

Chaque sas est, en effet, supporté par un piston unique ; l'emploi de plusieurs pistons par sas aurait de graves inconvénients, car, pour la moindre dénivellation des pistons, l'eau se porterait d'un côté et tendrait à augmenter l'obliquité du sas.

Chaque branche mobile, avec eau, pèse environ 800 tonnes.

La chute rachetée est de 13^{m},13.

Les pistons, de 2 mètres de diamètre, sont en fonte ; ils se composent de tronçons à emboîtement et à brides intérieures ; leur épaisseur est calculée pour un coefficient de résistance de 5 kilogrammes par millimètre carré.

Les corps de presse, de 2^{m},04 de diamètre intérieur, sont également en fonte, travaillant à 2 kilogrammes par millimètre carré ; ils sont formés comme les pistons de tronçons à emboîtement, mais à brides extérieures.

La pression, dans l'intérieur des presses, variera de 27 à 28 atmosphères.

Les corps de presse portent à leur partie supérieure un renflement dans lequel on loge des tresses en chanvre que comprime un presse-étoupes.

Les presses sont logées dans des puits cuvelés de 4 mètres de diamètre et reposent sur un massif de béton; elles sont réunies à leur partie supérieure par un tuyau de 25 centimètres de diamètre intérieur, muni d'une valve qui permet de les isoler à volonté ou automatiquement.

Chaque presse peut également être mise en communication avec l'accumulateur ou le tuyau de décharge.

Le sas descendant ne s'immerge plus dans le bief d'aval, comme à Anderton, mais se loge dans une cale sèche.

Le canal est donc interrompu, en plan, sur la longeur occupée par le sas mobile.

Les extrémités des sas et des biefs sont munies de portes levantes équilibrées et guidées par des cadres métalliques; l'intervalle compris entre deux portes voisines n'est que de quelques centimètres; avant de les lever on établit l'égalité de pression sur les deux faces en ouvrant une petite valve située dans la porte du bief.

La hauteur libre entre le plan d'eau et l'arête inférieure de la porte levée doit être de $3^{m},70$, ce qui oblige à donner à la porte une course d'environ 6 mètres.

Les joints des sas avec les extrémités des biefs sont formés par des cadres verticaux, en sorte que le mécanicien peut régler la position des sas suivant le niveau quelque peu variable des biefs, en les faisant monter ou descendre librement.

L'étanchéité de ces joints est produite par un tuyau en caoutchouc, fixé sur le cadre du bief, que l'on gonfle au moyen de l'eau sous pression fournie par un réservoir placé au-dessus de la chambre de manœuvre du mécanicien.

Un petit accumulateur à 30 atmosphères, destiné à mettre les presses en charge une première fois, à réparer les pertes d'eau causées par les fuites à travers les joints défectueux et à actionner les cabestans de manœuvre des bateaux et les appareils de levage des portes, est logé dans une des tours situées aux angles des sas et contre lesquelles sont adaptées des glissières de guidage.

Une machine à colonne d'eau, actionnée par la chute, maintiendra l'accumulateur en charge.

Deux réservoirs d'eau, dits compensateurs, de même hauteur et de même diamètre que la course et le diamètre d'un piston de presse, et situés dans les tours de guidage, communiquent par la base avec les sas mobiles au moyen de tuyaux articulés ou à joints télescopiques. L'équilibre des deux sas se trouve ainsi assuré dans toutes leurs positions, nonobstant le passage du volume d'eau d'une des presses dans l'autre. En effet, chaque sas et son compensateur formant vases communiquants, il y aura toujours égalité de niveau entre leurs plans d'eau, de sorte que pour chaque position conjuguée des pistons, les compensateurs auront versé dans un des sas et retiré de l'autre un volume d'eau égal à celui que les presses correspondantes auront simultanément perdu et reçu.

Cet appareil ingénieux limite la dépense en eau, qui forme surcharge dans le sas descendant et détermine le mouvement des pistons, à 20 tonnes environ, c'est-à-dire à ce qui est nécessaire pour vaincre les résistances passives.

Les compensateurs rendront de grands services toutes les fois que l'alimentation du canal sera peu abondante.

Le mécanicien se tient dans une chambre qui domine tout l'appareil et où se trouvent groupés les leviers de manœuvre des valves de communication tant entre les presses qu'entre chaque presse et l'accumulateur ou le tuyau de décharge.

L'exécution de l'ascenseur des Fontinettes a été confiée aux établissements Cail et C^ie^; les détails du projet ont été dressés par M. Barbet, ingénieur de la Société.

Ascenseurs belges. — Les quatre ascenseurs belges ne différeront du précédent que par les dimensions des sas, qui devront pouvoir contenir des bateaux de 400 à 450 tonnes. Chaque branche mobile pèsera environ 1,400 tonnes. Les portes seront rabattantes. Les sas seront guidés, aux angles, par des tours et, dans l'axe, par des charpentes métalliques.

Ascenseur allemand — Le gouvernement allemand fait faire l'étude d'un ascenseur hydraulique pour le canal projeté de l'Oder à la Sprée, mais on n'en connaît pas encore les dispositions.

ASCENSEURS A SIMPLE VOIE

Ascenseur du canal de la Marne à la Saône à branche unique équilibrée par un accumulateur. — MM. Clark, Stanfield et Clark avaient présenté, pour le canal de la Marne à la Saône (à Hueilley-Cotton), une étude d'ascenseur à simple voie, formé de deux branches conjuguées, disposées dans le sens du canal sur deux étages successifs et séparées par un bief intermédiaire; mais la faible pente du terrain donnait à ce bief une trop grande longueur, en sorte que, pour éviter les désavantages d'une longue conduite de communication, ces ingénieurs dressèrent un nouveau projet comprenant deux ascenseurs distincts, séparés par un bief. Chaque ascenseur rachète une chute de de 20m,50 et se compose d'un sas unique équilibré par un grand accumulateur.

Ascenseur longitudinal du canal de Tornavento à Milan, avec bassin de croisement entre les deux branches. — Les mêmes ingénieurs ont encore projeté un ascenseur longitudinal pour le canal de Tornavento à Milan.

Il se compose de deux branches conjuguées, rachetant chacune, une chute de 19m,30 et séparées par un bassin de croisement que longe le tuyau de communication des presses.

Ascenseur longitudinal avec sas bout à bout. — Il y a avantage, aux points de vue de la surveillance, du nombre d'employés nécessaires et de la dépense d'établissement, à rapprocher les deux sas bout à bout, lorsque le bassin intermédiaire n'est pas nécessité par une pente insuffisante du terrain qui, avec la disposition des sas bout à bout, conduirait à des terrassements considérables et même à l'exécution d'ouvrages d'art spéciaux.

La présence d'un bassin de croisement entre les deux branches augmenterait nécessairement la puissance de trafic du canal en ce point, mais comme l'ascenseur est généralement commandé par des écluses pour lesquels la durée de passage est encore supérieure à celle de l'ascenseur avec sas bout à bout, l'avantage du bassin de croisement

perd son importance ; il ne peut être pris en considération que pour certaines conditions locales de trafic.

On remarquera d'ailleurs que l'allongement virtuel dû à un ascenceur avec bassin intermédiaire sera plus considérable que pour un ascenseur avec sas bout à bout.

Application au canal projeté de la Garonne à la Loire supérieure. — Le tracé du canal de Bordeaux à Diou (canal latéral à la Loire), projeté par M. Rozat de Mandres, inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, traverse les départements de la Corrèze et du Puy-de-Dôme en s'élevant sur les plateaux au moyen d'ascenseurs avec sas bout à bout que le relief du sol permet d'établir sans grandes difficultés. Le système des sas bout à bout a l'avantage d'être plus économique que les autres types d'ascenseurs, tout en conservant au canal, qui comporte des écluses simples de 3 mètres de chute dans les vallées à faible pente situées de part et d'autre du massif central, la même puissance de trafic sur tout le parcours.

Il est à remarquer que l'économie des transports ne permettait pas d'effectuer la traversée des terrains primitifs de l'Auvergne au moyen d'écluses simples ou en chapelets. Leur nombre aurait été tel que l'allongement des longueurs réelles et virtuelles du tracé, qui en était la conséquence, le rendait inférieur, quant à la jonction de Bordeaux avec le canal du centre, aux projets contournant le massif central.

Le nombre des ascenseurs projetés est de 32 dont 17 sur le versant de la Dordogne rachetant une hauteur de 526 mètres et 15 sur le versant de l'Allier franchissant 467 mètres. Ils tiennent lieu de 320 écluses de $3^m,10$ de chute.

Le bief de partage est à la côte 716 mètres (voir le profil en long général, pl. 60, fig. 2).

Les 17 ascenseurs d'une part et les 15 ascenseurs de l'autre élèvent les bateaux à cette cote en aussi peu de temps qu'il en faudrait pour le passage de 17 et 15 écluses simples de 3 mètres, mais ces dernières ne permettraient de racheter que le $\frac{1}{10}$ environ des hauteurs franchies (526 mètres et 467 mètres), de sorte que, par rapport à la durée d'élévation par écluses, l'altitude du bief de partage se trouve virtuellement abaissée, par les ascenseurs, aux cotes de $242^m,60$ et $295^m,70$ (voir le profil en long virtuel, pl. 60, fig. 2).

Chaque ascenseur rachète une chute totale qui varie de 26 mètres à

41 mètres, elle est en moyenne de 31 mètres et la course moyenne d'une branche est de 15m,50.

Les ascenseurs conjugués ou couples d'ascenseurs sont toujours séparés les uns des autres par des biefs à deux voies permettant le croisement des bateaux comme entre deux écluses ordinaires.

Ils ont permis de s'élever rapidement du fond des vallées de la Dordogne (à Argentat) et de l'Allier (près Billy) sur les plateaux et de s'y développer en longs biefs, de 12 à 53 kilomètres, limités par les étages successifs que rencontre le tracé.

Les éléments de l'ascenseur conjugué longitudinalement avec sas bout à bout seront semblables à ceux des Fontinettes ; les sas reposeront au bas de leur course sur des cales sèches ou plate-formes, le canal se trouvera donc remplacé sur la longueur de 80 mètres environ par deux sas mobiles de 40 mètres, alternativement en communication entre eux et avec les biefs respectifs.

On ménagera, en amont et en aval de l'ascenseur, des alignements droits de 40 mètres, dans le prolongement des sas, pour l'entrée et la sortie des bateaux; ce qui portera l'alignement droit nécessaire à l'établissement d'un ascenseur longitudinal avec sas bout à bout à 160 mètres seulement.

Description sommaire. — Les sas métalliques de 40m,60 de longueur seront supportés chacun par un piston unique de 2 mètres de diamètre; ils auront une largeur de 5m,80 et un mouillage de 2m,20, non compris la tranche d'eau supplémentaire formant surcharge; le déplacement du bateau de 300 tonnes sera ainsi facilité par un jeu d'au moins 40 centimètres sur son pourtour.

Les portes des sas et des biefs seront levantes et mues par un appareil hydraulique, comme aux Fontinettes.

Les presses, distantes entre elles de la longueur d'un sas, seront établies à des niveaux dont la différence égalera la moitié de la hauteur totale à racheter.

Les sas et les presses seront identiques.

Une conduite horizontale, disposée sur le fond d'une galerie voûtée et s'embranchant à la partie inférieure de la presse d'amont et à la partie supérieure de la presse d'aval, permettra d'établir ou d'interrompre la communication entre les presses au moyen d'une valve actionnée

par le mécanicien ou automatiquement par le mouvement des sas arrivant au bas de la course.

Des murs de chute soutiendront les terres à l'amont de chaque sas. Un mur de garde établi sous la tête du bief aval s'opposera aux infiltrations sous la cale sèche correspondante. Les ascenseurs se trouvant d'ailleurs généralement disposés à flanc de coteau, l'assainissement des fondations sera facilement réalisé au moyen de drains qui annuleront les sous-pressions.

Les presses logées dans des puits cuvelés reposeront sur des fondations incompressibles ; leurs têtes seront fortement reliées à un gros massif de maçonnerie de la partie centrale des cales sèches, de façon à assurer leur verticalité.

Les sas seront guidés dans l'axe et aux angles par de longs patins glissant sur des guidages métalliques adaptés aux murs de chute, aux tours et, dans l'axe des sas, à des charpentes métalliques ou piliers en maçonnerie.

Les tours et les piliers de guidage seront reliés entre eux par des passerelles de contreventement établies au niveau des trottoirs des sas dans leur position supérieure.

Les tours centrales contiendront un petit accumulateur actionné par une machine à colonne d'eau et remplissant les mêmes fonctions qu'aux Fontinettes.

Les tours extrêmes renfermeront des escaliers qui donneront accès aux passerelles de contreventement.

L'étanchéité du joint entre les sas lorsqu'ils sont bout à bout, ainsi qu'entre chaque sas et la tête du bief correspondant, sera obtenue par les dispositions décrites pour l'ascenseur des Fontinettes.

Les leviers et roues de manœuvre des valves seront groupés dans une chambre placée dans une des tours centrales.

Des cabestans hydrauliques, établis aux trois étages de stationnement des sas, sur les maçonneries et les passerelles transversales, permettront de manœuvrer les bateaux, dans les deux sens, avec précision.

L'alimentation abondante du canal projeté a permis de supprimer les réservoirs compensateurs employés aux Fontinettes et en Belgique et dont le fonctionnement semblerait, par la complication des joints articulés des tuyaux, nécessiter un entretien spécial.

Lorsqu'on supprime les compensateurs, les variations du volume

d'eau dans chaque presse, pendant le fonctionnement, obligent à introduire dans le sas qui produit le mouvement un poids d'eau dépassant celui de la colonne d'eau d'une presse de la quantité nécessaire pour vaincre les résistances passives, en sorte que le volume d'eau dépensé pour chaque passage par un ascenseur de 30 mètres sera d'environ 60^{mc3} contre 15 à 20^{mc3} nécessaires aux Fontinettes.

La charge qui détermine le mouvement est de plus de 100 tonnes au départ, mais elle décroît à mesure que le volume d'eau d'une des presses passe dans l'autre et se réduit à la fin de la course à la charge nécessaire pour vaincre les résistances passives (10 à 20 tonnes). Il suffira d'ailleurs pour éviter une trop grande vitesse à l'origine du mouvement d'ouvrir graduellement la valve de communication des presses.

Des déversoirs établis dans les biefs amont et aval maintiendront les plans d'eau à des niveaux fixes.

De même qu'aux Fontinettes, le mécanicien pourra régler la position des sas; il lui suffira d'isoler les presses et de les mettre chacune en communication, soit avec l'accumulateur, soit avec l'extérieur pour élever ou abaisser un peu les sas et les amener au point voulu. Ce réglage étant obtenu une première fois après tâtonnement, des repères fixes établis à la vue du mécanicien et correspondant à des repères mobiles avec les sas faciliteront ultérieurement ces manœuvres à effectuer toutes les fois que des fuites auront fait varier le volume d'eau emprisonné dans les presses.

Les chemins de halage des biefs amont et aval d'un ascenseur seront reliés par un chemin de service qui servira au passage des chevaux.

Personnel d'exploitation. — Le personnel se composera, comme pour un ascenseur transversal, de trois hommes : un mécanicien pour actionner les valves et charger l'accumulateur et un homme par sas pour effectuer les manœuvres des joints, des portes et des cabestans.

Conditions du mouvement des sas. — Supposons chaque sas au niveau du bief correspondant et faisons abstraction des résistances passives.

Soit 2 H la chute totale; H la course d'un piston.

P le poids du piston et du sas contenant le volume d'eau normal.

p le poids d'une colonne d'eau de hauteur H ayant la section du piston pour base.

Ouvrons le valve v, le mouvement commencera en vertu de la charge initiale $2\,p$ due à la différence de niveau des pistons ; il s'arrêtera lorsque les sas seront bout à bout, car la pression sous chaque piston aura alors la même valeur $(P - p)$ (voir pl. 60, fig. 7).

Pour produire le mouvement inverse, on ajoutera au sas aval une surcharge temporaire $2\,p$ qui élèvera le sas amont jusqu'au bief correspondant en équilibrant la colonne d'eau de hauteur 2 H.

Cette manière d'opérer exige que l'on fasse passer directement du bief amont dans le sas aval un poids d'eau $2\,p$ pour chaque passage de bateau.

Il est préférable de donner au sas aval une surcharge permanente p et de faire passer successivement du bief amont dans le sas correspondant, puis de ce sas dans l'autre et enfin de ce dernier dans le bief aval une tranche d'eau supplémentaire d'un égal poids p.

Ainsi supposons encore les sas dans leurs positions extrêmes ; surchargeons le sas aval de p (par du lest ou autrement) et déversons du bief amont dans le sas correspondant la tranche d'eau d'un poids p.

Ouvrons la valve v ; à l'origine du mouvement la pression sous le piston d'amont sera $P + p$ et sous le piston d'aval $(P + p - 2\,p) = (P - p)$; la différence des pressions sera de $2\,p$.

Lorsque les sas viendront en présence, il y aura équilibre, la pression sous les deux pistons étant la même et égale à $(P + p - p) = P$.

Isolons les presses et faisons passer la tranche d'eau p du sas amont dans le sas aval, puis ouvrons la valve de nouveau ; les pressions sous les pistons seront : amont $(P - p)$, aval $(P + p + p - p) = P + p$ et la charge au premier instant du mouvement inverse sera encore de $2\,p$.

L'équilibre se rétablira à la fin de la course car les pressions sous les pistons seront : amont P, aval $(P + 2\,p - 2\,p) = P$.

Fermons la valve et déversons la tranche d'eau supplémentaire p dans le bief d'aval en même temps que nous en introduisons une nouvelle dans le sas amont ; l'appareil sera prêt pour une nouvelle manœuvre.

Cette dernière manière de procéder a l'avantage de ne pas consommer plus d'eau p qu'un ascenseur transversal sans compensateurs et de ne pas exiger de disposition spéciale pour le déversement de la

tranche supplémentaire, puisqu'elle passe successivement dans les deux sas.

Pour un ascenseur longitudinal de 30 mètres avec pistons de 2 mètres le poids p est de 47 tonnes.

On ajoutera à la surcharge mobile p dix à quinze tonnes pour vaincre les résistances passives, soit donc un total de 60 tonnes environ. Ce supplément, qui dépendra en partie du degré de serrage des presse-étoupes, sera fixé par l'expérience.

La tranche d'eau supplémentaire d'un poids de 60 tonnes aura une épaisseur de près de 25 centimètres.

Course des pistons. — Pour que le sas amont puisse recevoir cette tranche, il faut que son plan d'eau normal se trouve en contre-bas de celui du bief, de l'épaisseur $x = 25$ centimètres.

La même différence de niveau devra exister entre les plans d'eau normaux des deux sas en présence (voir pl. 60, fig. 6).

La course de chaque piston sera donc égale à $(H - x)$ ou à $14^m,75$ dans le cas de $2H = 30$ mètres.

Poids d'une branche mobile dans le cas de $2H = 30$ mètres et pression dans les presses. — La présence d'un bateau dans le sas n'en modifie pas le poids.

On aura :

Poids du sas (230 tonnes) et du piston (70 tonnes) environ	300	tonnes
Poids du volume d'eau normal.	520	—
poids de la tranche d'eau supplémentaire. . .	60	—
poids maximum de la branche d'amont	880	—
surcharge permanente du sas aval	47	—
poids maximum de la branche d'aval.	927	—

La pression maximum dans les presses sera de $28\frac{1}{2}$ atmosphères.

Manœuvres d'un bateau. — Supposons les sas aux extrémités de la chute totale et un bateau dans le bief amont prêt à franchir l'ascenseur.

On remplit l'intervalle entre les portes du sas et du bief amont en ouvrant une petite valve établie dans la porte de ce bief; on lève simultanément les portes et le niveau s'égalisant entre le bief et le sas, la tranche d'eau supplémentaire est passée dans ce dernier; on introduit le bateau dans le sas en s'aidant du cabestan; on baisse les portes, on ouvre la valve de communication des presses et le sas amont descend tandis que le sas aval s'élève; lorsqu'ils se trouvent en présence, on isole les presses; on remplit l'intervalle entre les portes des sas, on lève ces portes, la tranche supplémentaire passe du sas amont dans le sas aval et le bateau pénètre dans le sas aval; on baisse les portes, on rouvre la valve des presses et le mouvement inverse a lieu; refermant la valve, faisant sortir le bateau après avoir versé la tranche supplémentaire dans le bief aval, l'appareil pourra recevoir un autre bateau.

Chaque bateau effectuera donc trois déplacements horizontaux et deux déplacements verticaux.

Durée du passage. — Quoique M. Clark estime la durée du passage total par l'ascenseur longitudinal avec sas bout à bout à 15 minutes, il convient de prévoir que chaque entrée ou sortie de bateau prendra 5 minutes et chaque montée ou descente 3 à 4 minutes, soit au total 23 minutes pour racheter une hauteur de 30 mètres.

Si deux bateaux se suivent dans la même direction, le second pourra pénétrer dans un des sas en même temps que le premier sortira du sas conjugué, de sorte que l'intervalle entre le passage des bateaux dans le même sens ne sera que de $23 - 5 = 18$ minutes.

Il y a là une ressource pour augmenter la puissance de trafic de l'ascenseur.

Il est à remarquer que le passage d'un bateau d'un sas dans l'autre n'offrira pas plus de difficultés que dans tout ascenseur transversal (Anderton ou Fontinettes) où le sas supporté par son piston vient bout à bout avec l'extrémité d'un aqueduc métallique à une voie faisant suite au bief amont.

Complétons les descriptions des ascenseurs par le détail suivant commun à tous: lorsque les branches mobiles se mettent en mouvement, l'eau qui remplit l'intervalle des portes à la jonction des deux sas ou des sas avec les biefs respectifs, tombe dans des chéneaux fixés au-dessous des sas, d'où elle s'écoule par des tuyaux flexibles vers des points d'évacuation, pendant la course du piston.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE CONTRE LES GELÉES.

La faible consommation d'eau des ascenseurs et le peu de temps nécessaire pour franchir ces engins facilitant la traversée des faîtes, les points de partage des nouveaux canaux seront généralement à des altitudes plus élevées que celles des biefs de partage existants.

Dans tous les cas, d'ailleurs, il conviendra de prendre des mesures propres à soustraire les presses et les tuyaux aux effets des gelées.

A Anderton, les tuyaux exposés à l'air sont couverts d'une épaisse couche de feutre et munis de valves qui permettent de les vider au besoin.

Les presses sont dans des puits et le tuyau de communication est dans une galerie, le tout, au-dessous de la nappe d'eau de la rivière, se trouve ainsi naturellement protégé contre le froid. De plus, la Weaver coule dans un district salin et son eau employée pour les presses est, dit-on, fortement salée ; le point de congélation se trouverait ainsi retardé.

En fait, l'ascenseur d'Anderton n'a jamais donné lieu à de sérieuses préoccupations sous le rapport de la gelée.

Dans les nouveaux ascenseurs avec les cales sèches, préférables à tous égards, les presses aboutissent à l'air libre et, malgré les précautions usuelles et très simples qu'on peut prendre pour les mettre à l'abri du froid, la congélation de leur eau est à redouter, les grandes masses métalliques des cylindres et pistons facilitant la transmission des variations de la température extérieure.

Le moyen le plus sûr de prévenir la rupture des presses pendant les gelées permanentes qui entraînent le chômage du canal, serait, après avoir descendu les sas dans les cales sèches, de vider les presses entièrement ou seulement en partie de manière à abaisser le plan d'eau à une profondeur convenable.

En disposant le tuyau de communication des presses au bas d'une galerie souterraine, à une distance suffisante du plafond de la cale sèche, il sera facile de produire cet abaissement par les tuyaux de décharge qui s'embranchent sur le premier. La galerie souterraine aboutissant à l'intérieur d'une des tours ne deviendra pas une cause de transmission du froid.

Dans la disposition des sas bout à bout, le tuyau de communication, s'embranchant au bas de la presse d'amont, permettra de vider celle-ci presque entièrement.

Naturellement, les conduites accessoires et les appareils hydrauliques qui sont à la surface, devront être protégés, comme à Anderton, contre les abaissements subits de température et pouvoir être vidés pour les nuits froides ou les gelées permanentes.

Les surprises sont également à craindre pour les presses ; pour y parer, on retardera le point de congélation en dissolvant, par exemple, 10 à 12 pour 100 de glycérine dans l'eau des presses, de façon que la température de la surface du sol descendant au-dessous de 0°, on ait encore huit ou dix jours devant soi pour prendre les dispositions d'hivernage.

La dépense assez forte résultant de l'emploi de la glycérine ne se renouvellera évidemment pas chaque année; lorsqu'on abaissera les sas et le plan d'eau des presses, les eaux de vidange seront recueillies dans un réservoir spécial et elles resserviront à charger les presses après le chômage d'hiver.

Il est presque inutile de rappeler que l'eau introduite dans les presses doit être privée de tous corps étrangers et qu'un des moyens de satisfaire à cette condition consiste précisément à utiliser toujours la même eau.

Quant aux sas, on les videra également, non seulement pour ne pas avoir à briser la glace au printemps, mais surtout pour éviter les effets des pressions latérales exercées sur les parois par la glace en formation sous les couches déjà existantes. Ces effets ont été observés dans les ponts-canaux, aussi les met-on généralement à sec pendant le chômage d'hiver. On profitera au surplus de ce que les sas sont vides pour les vérifier et les peindre.

ACCIDENT D'ANDERTON

L'accident survenu le 18 avril dernier à l'une des presses de l'ascenseur d'Anderton, au moment où l'on poursuit l'exécution des ascenseurs des Fontinettes et belges, devait préoccuper les Administrations intéressées; elles chargèrent des ingénieurs d'en étudier les causes.

Leurs rapports s'accordent pour attribuer ces causes à certaines dispositions spéciales à l'ascenseur d'Anderton et qui ont été évitées dans les nouveaux projets; ces ingénieurs concluent en déclarant que le récent accident ne doit pas porter atteinte à la confiance qu'inspire le principe même de l'appareil.

Conditions dans lesquelles l'accident s'est produit. — L'ascenseur avait fonctionné régulièrement plusieurs fois le jour même de l'accident. Les sas occupaient leurs positions extrêmes, l'un au bas, l'autre au sommet de la course. Un bateau s'étant présenté à l'aval, le mécanicien, après avoir rempli l'intervalle entre la porte du sas supérieur et celle de l'aqueduc, levait cette dernière; elle était montée de 40 centimètres environ, lorsque le sas s'affaissa avec une vitesse que le mécanicien dit avoir été relativement faible; ce sas, qui ne contenait que le volume d'eau normal et par conséquent sans bateau, s'immergea dans le bief d'aval sans éprouver de dommage. Pendant cette chute une lame d'eau se déversait dans le sas par la porte soulevée. Une autre porte fermant l'extrémité de l'aqueduc à sa jonction avec le canal de Trent et Mersey, la perte en eau fut limitée au volume contenu dans l'aqueduc.

Un ouvrier se trouvait dans la galerie des presse-étoupes au moment de la rupture ; il dit avoir vu un fort jet s'élancer par une fissure qui s'était déclarée au droit de la tubulure de jonction de la presse avec le tuyau de communication, puis avoir été projeté par une venue d'eau subite en dehors de la galerie dans le puits d'accès.

On a reconnu après épuisement qu'un morceau de l'anneau supérieur de la presse, côté amont, en avait été détaché et qu'une des cassures passait par l'orifice du tuyau de communication.

Dispositions de l'ascenseur laissant à désirer au point de vue de la sécurité. — Les sas de 23 mètres de long sont guidés aux angles par des glissières fixées à des colonnes en fonte remplies de ballast et reliées entre elles par des entretoises et des contreventements ; le pied de ces colonnes est noyé dans un massif de béton. L'ensemble de cette charpente métallique paraît néanmoins grêle.

Les sas présentent chacun, en élévation, une surface de 60$^{m^2}$, exposée aux coups de vent ; il peut en résulter des oscillations d'autant plus fortes qu'on est obligé de laisser un jeu entre les patins des sas

et les glissières correspondantes pour éviter les coincements et permettre la libre dilatation des sas.

Aussi l'addition de guidages solides de chaque côté du sas et dans son axe, limitant au minimum les oscillations possibles dans les deux sens, semble particulièrement utile, surtout pour des sas de 40 à 45 mètres de longueur.

Le joint étanche entre le sas et l'aqueduc est obtenu par une disposition spéciale.

Les cadres qui terminent l'aqueduc métallique et le côté correspondant du sas sont coupés suivant deux plans inclinés parallèles ; le cadre de l'aqueduc porte un boudin en caoutchouc, celui du sas une garniture en bois, de sorte que la compression du caoutchouc par le mouvement ascensionnel du sas assure l'étanchéité.

A son autre extrémité la course du sas est limitée par des taquets métalliques fixés à la charpente de guidage.

Ainsi d'un côté l'arrêt est fixe, de l'autre le boudin en caoutchouc le rend un peu variable.

Il est vrai qu'une soupape de sûreté, disposée près du cadre incliné de l'aqueduc, limite la compression du boudin ; lorsque le mécanicien n'interrompt pas à temps la communication entre l'accumulateur et la presse du piston montant, le sas vient butter contre la soupape dont le jeu arrête aussitôt le mouvement.

Mais cette précaution limite sans annuler complètement les efforts qui peuvent résulter de la disposition indiquée et être reportés à la jonction du piston et du sas et contre le presse-étoupe de la presse.

Dans les nouveaux projets, la course du sas n'est plus limitée que par la fermeture automatique de la valve de communication des presses.

Les taquets fixes sont supprimés et le joint des abouts des sas et des biefs est vertical, en sorte qu'aucune force extérieure n'agit de ce chef à l'une des extrémités du sas.

L'anneau supérieur d'une presse d'Anderton porte à sa base une large bride qui s'étend en forme de plateau au delà du cuvelage du puits dont elle bouche l'orifice.

On avait ménagé, au moment de la mise en place, un petit intervalle entre ce plateau et le cuvelage, mais on a reconnu après l'accident, qu'à la suite d'un tassement de la presse plus considérable que celui prévu, le plateau reposait sur le cuvelage par une *partie* de sa

circonférence (le cuvelage et la presse n'étant pas parfaitement parallèles par vice de construction).

Ce porte à faux auquel M. Clark attribue en partie l'accident, sera évité dans les nouvelles presses, en fermant l'orifice du puits par un plancher indépendant.

Une autre condition défavorable de l'ascenseur d'Anderton réside dans le renouvellement continu de l'eau des presses.

A chaque manœuvre de l'appareil, l'accumulateur est mis en action pour faire achever au sas la course ascendante, tandis qu'un égal volume d'eau s'échappe de la presse conjuguée pour l'immersion du sas descendant.

Le vide entre les parois du cylindre et du piston des presses est, par construction, de moins de $0^m,02$; un défaut de centrage et les tubercules de rouille peuvent le réduire encore, en certains points; si des précautions suffisantes ne sont pas prises, un corps étranger peut pénétrer dans une presse, se maintenir entre le piston et le cylindre, suivre le piston dans son mouvement ascensionnel et finalement, se coinçant entre les parois, transmettre des efforts capables d'en déterminer la rupture.

L'emploi des cales sèches supprime presque entièrement le renouvellement de l'eau des presses.

Remarquons encore que les presses et les tuyaux n'ont été essayés avant la mise en place qu'à 45 atmosphères. Il eût été prudent, malgré l'uniformité du travail qu'ils devaient produire, de les soumettre à une pression au moins double (72 atmosphères) de la pression normale.

Rupture expérimentale de la 2me presse. — Pour vérifier l'état de la 2me presse, on l'a soumise à une charge d'épreuve croissante; elle a cédé sous une pression de 54,5 atmosphères et la fente de 5 à 6 millimètres d'épaisseur s'est encore produite dans l'anneau supérieur; cette fente suit, comme une des cassures de la première presse, la génératrice du cylindre qui passe par le centre de l'orifice du tuyau de communication.

Cette concordance dénote que l'anneau de la presse qui porte la tubulure exige une étude et une exécution spéciales.

La deuxième presse s'est également affaissée et la large bride de l'anneau supérieur est venue en contact avec le cuvelage, mais pro-

bablement sous l'action de la charge d'épreuve qui a déterminé la rupture.

Si ce tassement avait été simultané de celui de la première presse, on ne saurait attribuer la plus grande résistance de la seconde et la différence de caractère des ruptures dans les deux cas (éclat et fente) qu'à une meilleure qualité de la fonte.

Détails relatifs à la rupture de la 1re presse. — Le sas contenait, au premier instant de sa chute, le poids d'eau normal, correspondant à une pression de 36,2 atmosphères au sommet de la presse.

Il ne pouvait, en effet, y exister un excès de pression intérieure, puisque l'accumulateur avec lequel cette presse aurait pu être en communication à ce moment, si le mécanicien avait négligé de fermer la valve, est réglé pour donner une pression inférieure, à celle qui résulte de la charge du sas contenant la tranche d'eau supplémentaire de 15 tonnes.

Les pompes qui chargent l'accumulateur peuvent, il est vrai, être mises en communication directe avec les presses, mais on ne le fait jamais et on ne l'a pas fait le jour de l'accident.

Un excès de pression aurait d'ailleurs fait butter le sas contre la soupape de sûreté qui est en bon état.

L'anneau supérieur des presses de l'ascenseur d'Anderton est d'une forme compliquée; il porte un renflement annulaire pour loger le presse-étoupe; des nervures verticales, formant contreforts, s'appuient sur la large bride qui le termine à sa base; il est évidé du côté du tuyau de communication par un orifice circulaire de 127 millimètres de diamètre dont le pourtour a été renforcé par une surépaisseur de fonte. Toutefois, dans son ensemble, l'anneau supérieur paraît devoir être plus résistant que les autres.

Mais les changements brusques d'épaisseur qu'on remarque surtout au droit de la tubulure, ont pu donner naissance, par le retrait dû au refroidissement, à des tensions internes réduisant la résistance de la fonte en ce point.

D'ailleurs les cassures du morceau détaché de la première presse révèlent au pourtour de l'orifice une fonte de mauvaise qualité avec soufflures et appliques de fer forgé cachant les défauts.

Ainsi la section de moindre résistance de l'anneau supérieur, mise

en évidence par la rupture de la 2me presse, a encore été réduite dans la première par les défauts de la fonte.

Au moment de la rupture, les pressions intérieures étant celles indiquées plus haut, la première presse travaillait à 2k,8 par centimètre carré et la seconde à 4k,20; ces efforts étaient encore moindres dans la section passant par l'orifice. Le service que les presses ont rendu pendant sept ans ne permet cependant pas d'attribuer la rupture de la première aux défauts du métal; elle aurait eu lieu dès l'origine, à moins que, par l'effet du hasard, cette presse se soit trouvée dans la condition de travailler juste sous un effort voisin de celui de la rupture et que sous l'action de cette charge limite constante la cohésion des molécules ait diminué lentement jusqu'à devenir insuffisante.

On peut admettre que les presses ont été soumises à des forces extérieures qui, s'ajoutant aux pressions intérieures, les ont fatiguées; l'une s'est rompue en service, la seconde, plus résistante, a nécessité un excès de pression intérieure.

Ces efforts extérieurs ont pu croître depuis l'époque d'installation des presses et finalement déterminer la rupture de la plus faible ou bien se répéter fréquemment et changer l'état moléculaire de la fonte.

M. Clark pense que la rupture a été déterminée par le concours de plusieurs circonstances :

1° mauvaise qualité et mauvaise distribution du métal précisément au point faible (orifice de la tubulure);

2° affaissement graduel de la presse et par suite :

Contact partiel de la bride inférieure de l'anneau avec le cuvelage du puits, contact qui a déterminé un effort oblique transmis par les contreforts voisins au côté correspondant du presse-étoupe et contre lequel le piston a réagi;

Traction exercée sur la tubulure de l'anneau supérieur par le tuyau de communication des presses. Ce tuyau reposait, en effet, par son milieu, sur un appui solide supportant la valve et ne pouvait suivre la presse dans son mouvement de tassement; les gerçures horizontales que l'on voit dans le bas de l'anneau ont dû être produites par cet effort.

L'explication de M. Clark se fonde sur un tassement graduel de la presse, tassement qui aurait duré sept années quoique la pression sur

la fondation ait toujours été la même. Si l'on ne voulait admettre un tassement aussi prolongé sous une charge constante, il faudrait supposer que le contact de la bride a eu lieu dès les premières années, donnant ainsi naissance à des tensions limites insuffisantes pour briser l'anneau, mais dont l'effet continu diminuait de plus en plus la résistance de la fonte jusqu'à la rupture.

D'autres ingénieurs tout en constatant également les défauts de fonderie, attribuent l'accident à des causes extérieures différentes:

Les pistons de chaque sas sont guidés par deux presse-étoupes distants de $0^m,75$; l'un, inférieur, ferme le corps de presse, le second est disposé au plafond de la galerie d'accès qu'il protège contre les eaux du bief d'aval. Lorsque le sas, invariablement lié à la tête du piston, est au sommet de la course, les forces extérieures qui tendent à le faire osciller agissent à l'extrémité d'un bras de levier de 17 mètres.

D'ailleurs, le jeu qui existe entres les guides et les patins des sas et un défaut de centrage du piston avec son cylindre, font que la trajectoire des pistons guidés par les presse-étoupes, n'est pas parallèle à la direction des guides que les sas touchent en certain points et abandonnent en d'autres; dès lors, ces contacts des sas et leurs oscillations sous l'action du vent ou du déversement de la tranche supplémentaire, déterminent dans les presse-étoupes des réactions considérables, surtout lorque par un concours de circonstances elles ont lieu dans le même sens.

A ces réactions peut encore s'ajouter celle qui résulte de la poussée de l'eau sur la porte aval du sas arrivé au sommet de la course, quand l'égalité de pression est établie sur les deux faces de la porte amont. Cette poussée s'élève à 5,175 kilogrammes et détermine dans le presse-étoupe inférieur une réaction, du côté amont, de 117,000 kilogrammes.

C'est précisement au moment où la poussée sur la porte d'aval existait que l'accident a eu lieu.

En résumé, ces ingénieurs concluent que le guidage imparfait des sas a causé la surcharge qui a soumis la fonte des têtes des presses à un travail éminemment variable pouvant dépasser accidentellement la limite d'élasticité du métal; de là, fatigue et diminution progressive de la cohésion des molécules et enfin la rupture des pièces après sept années de marche dans ces conditions.

Quoi qu'il en soit, que la rupture ait eu lieu par un concours de circonstances et d'efforts extérieurs continus et croissants ou à la suite d'efforts intermittents ou bien encore qu'à toutes ces conditions fâcheuses se soit jointe une cause fortuite (telle que l'introduction d'un corps étranger dans la presse), l'accident est dû à des imperfections, dans la construction et les détails du projet, qu'on peut éviter.

Des guidages rigides, en nombre suffisant, dirigeant les sas indépendamment du piston, un centrage et une verticalité parfaite des presses, des fondations incompressibles, et les modifications apportées dans les nouveaux projets garantiront dorénavant contre les inconvénients d'une rupture des presses ou des pistons.

Quant au point fâible, révélé par la concordance des sections d'arrachement dans les deux presses, on pourra le combattre par le choix et par une disposition plus judicieuse du métal.

L'accident d'Anderton aura l'avantage de fixer l'attention des constructeurs sur quelques détails d'exécution sans diminuer la confiance que le système leur inspire.

Août 1882

P. S. — Au moment où nous rédigions cette Notice, nous n'avions connaissance que de deux rapports sur l'accident d'Anderton; on nous informe le 7 septembre que M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées du département de la Haute-Marne, vient de publier une note très intéressante sur le même sujet.

A cette date, l'accident d'Anderton a donc été traité par :

1° M. Edwin Clark, *Report upon the accident to the Hydraulic Canal Lift at Anderton.*

2° La compagnie de Fives-Lille, *Recherches sur les causes de l'accident d'Anderton.*

3° M. Cadart ingénieur des ponts et chaussées, *Note sur l'accident survenu le* 18 *avril* 1882, *à l'ascenseur d'Anderton et sur les causes qui l'ont provoqué, suivie de la traduction du rapport publié sur le même sujet par* M. E. Clark.

15 septembre 1882.

L'ENCHAINEMENT DU MONDE ANIMAL

PAR M. ALBERT GAUDRY

Membre de l'Institut, Professeur de Paléontologie au Muséum.

COMPTE RENDU

PAR M. **ERNEST JAVAL**, INGÉNIEUR.

J'ai eu l'honneur de remettre à la Société des Ingénieurs civils, de la part de M. Albert Gaudry, membre de l'Institut, professeur de paléontologie au Muséum, le premier volume de son ouvrage *l'Enchaînement du monde animal*. Et, bien qu'il ne soit pas habituel que les œuvres du maître, et du maître aussi autorisé, soient présentées par l'élève, j'espère que vous me saurez gré de vous en faire une analyse succincte. Permettez d'abord qu'au point de vue paléontologique, parmi les nombreuses exploitations de mines dont je me suis occupé dans ma longue carrière, je vous signale les riches gisements de phosphorites du Quercy. C'est là justement le terme de liaison, le trait d'union entre le maître et l'élève. Ces gîtes, longtemps ignorés, ne sont exploités que depuis douze ans environ; nos travaux y ont découvert toute une génération d'animaux différents de ceux que nous voyons, et dans un état de conservation admirable, tel qu'il semblerait que la vie ne les a quittés que depuis peu d'années. Quels étaient ces anciens habitants de la terre? A quelle époque vivaient-ils? Pour préciser leur origine, leur âge, il fallait soulever un feuillet du grand livre du monde qui n'est plus : je suivis l'excellent cours de paléontologie de M. A. Gaudry au Muséum, cours fréquenté par un auditoire nombreux, assidu et sympathique. — J'entre en matière.

« Il a paru dans ce siècle, dit l'auteur, une science nouvelle qu'on appelle la paléontologie. Elle a appris que les créatures d'aujourd'hui sont peu de chose comparativement à la multitude de celles dont les âges passés ont vu l'épanouissement. Elle a expliqué pourquoi les zoologistes n'avaient pas découvert les enchaînements des êtres actuels;

ils n'avaient que des bouts de chaînes, quelques anneaux isolés. En tirant des couches du globe des légions d'espèces, jusqu'alors inconnues, on a pu avoir l'espérance qu'on surprendrait leur enchaînement. »

L'**Enchaînement du monde animal** c'est non seulement le recueil de toutes les découvertes de fossiles faites depuis un siècle environ dans toutes les parties du monde par tous les savants, mais c'est leur classification suivant l'âge géologique des terrains dans lesquels ils ont été trouvés, en cherchant à établir leurs corrélations les uns avec les autres. L'auteur traite d'abord des *fossiles primaires*, c'est la matière de son premier volume, qui contient dans le texte près de 300 planches d'une grande clarté. Il traitera ensuite des êtres *secondaires*. Les *mammifères tertiaires* constituent une période géologique du plus haut intérêt, que l'auteur a déjà terminée et publiée avec une égale abondance de planches de fossiles, intercalées dans le texte. L'œuvre sera terminée par *l'étude des fossiles quaternaires*, cadre immense d'une œuvre résumant pour l'auteur, les travaux d'une existence entière, consacrée aux mondes qui nous ont précédés, et comportant plusieurs années encore pour être achevée.

Sur ces vestiges des temps passés, M. Gaudry nous rappelle que les notions des anciens furent confuses : les ossements fossiles trouvés en tous temps avaient laissé, dans l'esprit des Égyptiens, la croyance à de grands cataclysmes dans les couches du globe. Chez les Grecs, ils accréditèrent l'idée de l'existence ancienne de grands géants. Chez les Romains, pas plus de précision dans la conclusion à en tirer. Dans le moyen âge, quelques constatations isolées sont faites, en Italie, de coquilles pétrifiées, d'abord par Alessandro, puis par Frascatore, et plusieurs autres. Campini démontre que les prétendus os de géants ne sont autres que des os d'éléphants.

En 1580, Bernard Palissy écrit sur la superposition des couches et sur les fossiles qu'elles renferment, déclarant que ces coquilles ont vécu là où se trouvent maintenant des rochers.

En 1756, en Allemagne, Lehmann établit que la terre est composée de deux genres d'éléments, les uns non stratifiés, les autres stratifiés.

Buffon développe ses idées géologiques dans un style élégant, mais en restant dans le domaine de la théorie, Guettard précise davantage.

Cuvier, peut être considéré comme le fondateur de la science de la

paléontologie. Une de ses gloires est certainement la découverte de l'harmonie existante entre les divers organes d'une race quelconque et la déduction des formes et de la nature d'un individu à la simple vue de quelques-uns de ses os, et surtout de ses dents.

C'est ainsi qu'ayant trouvé les dents d'un fossile encore engagé dans sa gangue, mais dont les caractères généraux étaient ceux de la sarigue, il déclara à l'avance, devant une réunion de savants, que le dégagement de la pièce allait faire découvrir les os dits marsupiaux, qui constituent la charpente de la poche où la sarigue abrite ses petits. Le fait vérifia pleinement ses prévisions. A lui la gloire d'avoir posé cette première loi, qui du reste n'est pas sans de nombreuses exceptions. Un animal peut tenir certains caractères d'une espèce, et certains autres d'une autre espèce. Il croyait en l'immutabilité des espèces; pour lui un cheval avait toujours été cheval, un chien toujours chien. Comment expliquer alors la disparition de ces êtres de notre époque dans des strates géologiques encore assez récentes, et leur remplacement, dans les couches plus anciennes, par des animaux dont les dents et les membres s'en rapprochent sans être identiques?

L'immensité des temps géologiques peut aider à l'idée des transformations insensibles dans les êtres de notre globe; or l'épaisseur totale des couches géologiques de notre globe est de plus de 24,400 mètres :

Le terrain tertiaire d'Europe à une épaisseur d'environ	3,000	mètres
Le terrain secondaire d'Europe.	4,000	—
Le permèen en Allemagne	1,200	—
Le carbonifère en Angleterre	3,500	—
Le dévonien en Allemagne	3,500	—
Le silurien en Angleterre.	6,500	—
Les couches fossilifères du cambrien d'Angleterre. . .	2,700	—
Épaisseur totale	24,400	mètres

Les terrains dans lesquels on comprendrait les terrains similaires dans d'autres contrées et les terrains archéens de l'Amérique du nord donneraient un chiffre beaucoup plus élevé. On arriverait ainsi à une épaisseur de 72,000 mètres pour les terrains sédimentaires susceptibles de renfermer des fossiles. « En comparant notre petitesse, dans la nature, dit M. Gaudry, à un escarpement de 300 mètres seulement,

nous comprenons que l'époque humaine est peu de chose dans l'océan des âges, et que ce n'est pas le temps qui a manqué pour les transformations des êtres fossiles. »

Les couches stratifiées inférieures au cambrien concentrent actuellement vivement l'attention des géologues. Dans l'étage du *Laurentien*, qui n'a pas moins de 12 kilomètres d'épaisseur, M. Dawson découvrit des trous de vers et des masses mamelonnées qui lui semblèrent organisées et auxquelles il donna le nom d'Eozoon. Cette découverte eut un grand retentissement dans le monde des savants. Il y a réaction maintenant contre cette croyance, et on conteste à l'Eozoon une origine organique.

Dans le *Cambrien* des recherches nombreuses, d'abord infructueuses par suite du sens du clivage des rochers qui brisaient leur contenu, ont fait découvrir ensuite de nombreux fossiles, grâce à un choix de stratifications plus favorables.

Le *Dévonien* se montre fossilifère dans l'ancien et le nouveau monde.

Le *Houiller* est beaucoup plus riche en fossiles végétaux qu'en fossiles animaux.

Le *Permien* français, a fourni des fossiles marins et aussi terrestres et d'eau douce.

L'ensemble de ces terrains primaires, fournit une abondante réunion de fossiles. M. Gaudry les passe successivement en revue dans son volume des *fossiles primaires*, avec intercalation dans le texte d'environ 300 excellentes gravures.

Ce sont d'abord les *foraminifères*,
puis les *polypes*,
les *échinodermes*,
les *brachiopodes*,
les *bivalves*,
les *gastéropodes*,
les *céphalopodes*,
les *articulés primaires* parmi lesquels il faut citer la *trilobite*.

Viennent ensuite les *poissons primaires*, dits *ganoïdes*, c'est-à-dire à écailles épaisses et couvertes d'émail ; ils n'ont pas de vertèbres ;

puis les *premiers reptiles primaires* trouvés dans le

carbonifère et le perméen, les *protritons* de Millery, près Autun, le *Pleuronoura Pellati*, l'*Archegosaurus*, l'*Acténodon*, l'*Euchirosaurus Rochei*, dont des vertèbres ont montré que primitivement les vertèbres étaient formées de plusieurs os assemblés les uns sur les autres. Ainsi, à la fin des temps primaires, conclut M. Gaudry, c'est-à-dire au moment où vont commencer les vertébrés secondaires à vertèbres complètement ossifiées, il y a des vertébrés où les éléments des vertèbres agencés ensemble, n'ont pas encore leur ossification achevée.

L'étude des êtres primaires a-t-elle apporté quelque lumière sur la théorie de l'archétype? Système ingénieux qui a fortement préoccupé les anatomistes : on peut imaginer un type dans lequel se retrouvent les traits communs aux différents vertébrés. Un grand nombre de pièces frappent par leur similitude dans le poisson, le reptile, l'oiseau, le mammifère : ce qui a donné naissance à tout un système, dans lequel tout aurait été ordonné par rapport à la colonne vertébrale. Ce qui caractérise l'archétype, c'est une colonne vertébrale composée de corps (centrum) avec des arcs en dessus et en dessous, et un crâne composé de vertèbres qui se sont agrandies. Or les centrum manquent chez presque tous les anciens poissons; et les crânes au lieu d'être petits sont très développés. M. Gaudry serait plus porté à faire dériver les premiers vertébrés d'animaux ayant un squelette non interne mais externe, comme les crustacés.

Un autre volume de l'auteur déjà publié sur les mammifères tertiaires, est particulièrement intéressant au point de vue de l'évolution des anciens habitants de la terre. L'auteur traite successivement :

des *marsupiaux*, et des placentaires tenant encore des marsupiaux par certains caractères, et s'en éloignant déjà par certains autres ;

puis des *mammifères marins;* parmi eux les *syréniens* paraissent descendre d'animaux ayant eu des membres inférieurs. Les fouilles importantes faites dans le pliocène d'Anvers, pour l'établissement de ses fortifications, ont découvert récemment d'abondants fossiles, recueillis avec soin et qui aideront à déterminer leur rapport avec leurs ancêtres et leurs descendants ;

puis les *pachydermes*, qui, d'espèces peu variées à l'origine, se sont différenciés pendant l'époque tertiaire ;

puis les *ruminants* et leurs descendants qui, de date plus récente que les pachydermes, semblent en être les dérivés. La simplification des os de la patte par des évolutions successives, font descendre le mouton et la gazelle légère du pesant animal appelé *Anthracotherium ;*

puis les *solipèdes.* Si les ruminants semblent les dérivés des pachydermes paridigités, les solipèdes doivent descendre des pachydermes imparidigités.

Parmi les solipèdes considérons un des animaux domestiques de notre époque, aussi familier qu'utile, et dont les formes élégantes excitent souvent notre admiration, l'*équus*, le cheval. Ce solipède est un nouveau venu sur la terre. Il date seulement du pliocène moyen; dès les terrains tertiaires inférieurs on n'en trouve plus aucune trace dans aucun pays. Mais alors d'où vient-il ? comment est-il arrivé sur la terre? De nombreux individus d'une espèce du miocène supérieur, les *hipparions* ont les plus grandes analogies avec l'*équus*, entre autres divergences, ils ont un petit doigt de chaque côté du doigt médian. L'*hipparion* lui-même semble être remplacé dans le miocène moyen par l'*anchithérium*, et lui-même par le *paleothérium* dans l'éocène. Le cheval, *équus*, qui, à l'époque du quaternaire et de nos jours est dans son complet développement, ne remonte donc qu'au pliocène moyen. L'*équus* constitue un progrès au point de vue esthétique : ce solipède a une allure particulièrement noble et élégante.

M. Gaudry suit l'enchaînement des espèces pour les mammifères, dans une série de planches, où il montre la transformation successive des dents, et la simplication des doigts, c'est ainsi que les solipèdes dérivent des imparidigités. Dans les espèces de transition on saisit sur les fossiles l'atrophiement des doigts qui doivent disparaître, et qui, déjà réduits, sont hors d'usage.

Les découvertes des fossiles américains, faites dans de vastes contrées jusque-là inexplorées, par les tranchées du chemin de fer du Grand-Pacifique ont mis au jour des animaux encore inconnus et non moins favorables à l'enchaînement du monde animal, que ceux du vieux continent.

Puis les *proboscidiens* qui, parmi les ongulés, sont les plus avancés dans l'évolution. L'étude des ongulés paridigités et imparidigités de diverses époques montre comment les évolutions ont atrophié certains doigts, modifié cer-

tains os de la jambe et de la cuisse, transformé insensiblement les dents et conduit une espèce à une autre.

Puis les *édentés*,

les *rongeurs*,

les *insectivores*,

et les *chéiroptères*, groupes de l'époque tertiaire encore peu connus ;

puis les *carnivores* qui ont certains caractères communs avec les espèces fossiles qui les ont précédés,

et enfin les *quadrumanes* qui se divisent en deux genres : en *lémuriens* et en *singes*. La découverte de singes fossiles du groupe *anthropomorphe* est due à M. Edouard Lartet (1837) : le *pliopithécus*, le *dryopithécus*.

« Le *dryopithécus*, du miocène moyen, dit M. Gaudry, était un singe d'un caractère très élevé. Il se rapprochait de l'homme par plusieurs particularités. La taille devait être à peu près la même, les incisives étaient petites, les arrière-molaires avaient des mamelons moins arrondis que dans les races européennes, mais assez semblables aux mamelons des molaires d'australiens ; on a supposé (cela n'est pas certain) que la dernière molaire poussait après la canine, comme la dent de sagesse chez l'homme. A côté de ces ressemblances, il y a une différence qui frappe aussitôt qu'on place une mâchoire humaine à côté de la mâchoire du *dryopithécus* ; dans une mâchoire humaine où la première arrière-molaire est plus forte que chez le *dryopithécus*, la canine et les prémolaires sont au contraire plus faibles; cette différence est d'une importance considérable, car le raccourcissement des dents de devant est en rapport avec le peu de saillie de la face, et par conséquent est une marque de la supériorité humaine ; ce qui caractérise essentiellement la tête de l'homme, c'est un développement extrême des os qui entourent l'encéphale, siège de la pensée, et une diminution des os de la face, tellement grande qu'au lieu de former un museau, ils ne sont plus que la façade de la tête. »

Les découvertes faites dans le pliocène, par l'abbé Bourgeois, à Thenay près de Pont-Levoy (Loir-et-Cher) de silex taillés, ont donné une nouvelle importance à la question; ce savant géologue, regarde ces silex comme ayant été taillés par un être plus intelligent que les animaux actuels, c'est aussi l'impression de plusieurs autres savants. L'opinion de M. Gaudry, est que, s'il venait à être démontré que les

silex du calcaire de Beauce recueillis par l'abbé Bourgeois ont été taillés, ils ont du l'être par le *Dryopithécus*.

L'évolution des espèces, ajoute M. Gaudry ne s'est pas faite simultanément. Si, dans les temps géologiques, toutes les créatures avaient changé également vite, celles qui nous ont été transmises par les âges passés, seraient aujourd'hui des êtres très élevés; mais il y aurait aussi plus d'animaux supérieurs que d'animaux inférieurs, plus de mangeurs que de bêtes à manger; l'harmonie du monde organique serait depuis longtemps rompue. En outre l'inégalité dans l'évolution est une des causes de la variété des spectacles que présente l'histoire du monde; c'est de ces inégalités que résulte en partie la merveilleuse beauté de la nature dans tous les temps géologiques.

On le voit l'éminent paléontologiste est doublé d'un artiste et d'un philosophe. C'est ce qui donne à ses œuvres, en même temps qu'une grande valeur scientifique, un charme exceptionnel.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Poids et dimensions des machines marines. — Les moteurs à vent. — Outillage des quais d'Anvers. — L'émigration européenne aux États-Unis. — Le pont de Brooklyn.

Poids et dimensions des machines marines. — Le *Journal of the Royal United Service Institution* a publié récemment un mémoire de M. Richard Sennett, ingénieur en chef de la marine royale anglaise, sur les rapports qui existent entre les dimensions, la vitesse et la puissance des machines marines. Ce travail est un résumé très intéressant des progrès si remarquables accomplis dans ce genre de moteurs par l'application rationnelle des éléments d'amélioration fournis par une saine théorie.

L'auteur déclare tout d'abord qu'il n'y a pas de relations absolues et invariables entre les dimensions, la vitesse et la puissance des machines de navigation puisque l'examen des progrès réalisés nous révèle des modifications progressives entre ces éléments, mais on peut reconnaître en même temps que ces modifications se sont toujours traduites par des améliorations.

Les données d'où dépend la puissance d'une machine à vapeur sont les dimensions des cylindres, la vitesse des pistons et la pression de la vapeur; on peut donc admettre que la puissance est le produit du volume du cylindre par la vitesse du piston et par la pression moyenne effective de la vapeur. Les relations entre le volume, la vitesse et la puissance sont donc affectées directement par la pression.

Les étapes les plus remarquables qui ont marqué les progrès de la machine marine se marquent par les divers accroissements de la pression. On peut les résumer comme suit : avant 1840 les chaudières fonctionnaient à des pressions de 1/4 à 1/3 d'atmosphère au-dessus de la pression atmosphérique. Entre 1840 et 1850, la substitution des chaudières tubulaires aux chaudières à carneaux permit de porter la pression effective à 2/3 d'atmosphères et 1 atmosphère. De 1850 à 1860 on alla à 1 1/2 atmosphères effectives. De 1860 à 1870 on introduisit la condensation par surface permettant l'alimentation à l'eau douce et on put employer la haute pression sans inconvénient; enfin, à partir de 1870 les machines Compound sont devenues d'un usage général. Ces machines fonctionnaient d'abord à 4 1/2 atmosphères, mais on a successivement élevé la pression à 5 1/2, 6 1/2, 7 et dans quelques cas à 8 et même 10 atmosphères. La moyenne

est actuellement 6 1/2 à 7, mais on peut prévoir qu'avant peu on emploiera d'une manière générale des pressions supérieures.

Les accroissements successivement opérés dans la pression de la vapeur ont amené :

1° Une réduction dans la consommation du combustible qui a permis l'emploi des navires à vapeur pour les plus longues traversées;

2° Une réduction dans le poids et l'encombrement des machines qui est à divers points de vue, de la plus grande importance, surtout pour les navires de guerre.

Ces deux conséquences sont en relation si intime l'une avec l'autre qu'on peut difficilement les séparer ; toutefois le but de ce travail n'est pas d'examiner les réductions amenées dans la dépense de combustible, question qui a été très souvent étudiée, mais bien la réduction de poids et d'encombrement des machines à puissance égale, point de vue qui a été beaucoup plus négligé.

Il est partout d'une importance très sérieuse; dans les navires de guerre l'économie de combustible est intéressante, mais cependant elle n'est pas capitale comme dans la marine marchande où la vitesse est obligatoire et où il faut l'obtenir au moindre coût possible.

Dans beaucoup de cas, et contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, les perfectionnements qui ont amené la réduction de la consommation du combustible ont également entraîné une réduction dans le poids et l'encombrement des machines. Il est possible toutefois que cette réduction simultanée ne se produise pas toujours et qu'il arrive une limite où des accroissements de la pression conduisent à une réduction de la consommation et à un accroissement des poids et des volumes des appareils moteurs, mais l'auteur ne pense pas qu'on en soit encore arrivé là.

L'effet de l'accroissement de la pression est de permettre de réaliser une puissance donnée avec un cylindre de plus petit volume et par suite avec une machine plus légère et moins volumineuse. Il y a une réduction correspondante dans le volume des tuyaux et des réservoirs de vapeur. Ainsi, à une pression effective d'un tiers d'atmosphère, un kilogramme de vapeur occupe un volume de 1,260 litres, à 1 1/2 atmosphères 697, à 4 1/2 332 et à 7 atmosphères 234.

De plus la réduction dans la consommation des machines à puissance égale, amène une nouvelle réduction dans les dimensions des organes des machines et par suite dans leur poids; on bénéficie donc à la fois du plus petit volume de la vapeur et de la moindre quantité qu'on en consomme.

L'augmentation des pressions de fonctionnement a coïncidé avec un accroissement considérable des vitesses de piston, lequel a également produit une influence très marquée sur les poids et volumes des appareils moteurs. On peut considérer jusqu'à un certain point cette augmentation dans les vitesses comme produite par l'accroissement des pressions, mais on doit aussi admettre qu'elle a été amenée par les perfectionnements réalisés dans l'étude et dans la construction des machines. Dans les anciens

appareils moteurs on admettait comme règle qu'il n'était pas prudent de dépasser des vitesses de 1 mètre par seconde. On trouve dans les anciens traités des tableaux renfermant des chiffres, alignés avec soin, indiquant, par exemple, pour des courses de $1^m,20$ la vitesse de 1 mètre et à l'autre extrémité pour des courses de $2^m,50$ la vitesse de $1^m,20$. On ne s'écartait pas de ces règles.

Dans les machines actuelles de grande puissance, la vitesse des pistons est souvent poussée à 3 mètres et $3^m,50$ par seconde et on cherche par toutes les améliorations de détail à la rendre la plus grande possible dans les limites de la sécurité.

Les relations que nous avons indiquées sommairement entre les divers éléments peuvent être illustrées d'une manière très claire par un exposé rapide de quelques exemples empruntés à la marine royale anglaise; on peut admettre en effet que les types de machines des navires de guerre peuvent servir de modèles et que la plupart des perfectionnements ont vu le jour sur ces machines; il est d'ailleurs beaucoup plus facile d'obtenir des renseignements détaillés surtout en ce qui concerne les poids des appareils dans les arsenaux de la marine que dans les chantiers et ateliers des constructeurs privés. Toutefois les documents relatifs aux anciens types ne sont qu'approximatifs, car à cette époque on se souciait médiocrement des poids.

L'auteur s'est préoccupé de recueillir les éléments des divers types de machines marines, en caractérisant l'élément dimensions par deux données, le volume des cylindres et le poids total de la machine; le premier fournissant une appréciation de la machine proprement dite indépendamment des chaudières et autres accessoires.

Les premiers navires avaient invariablement pour propulseur des roues à aubes et les machines appartenaient presque toujours au type à balanciers qui avait l'avantage d'avoir ses pièces mobiles assez complètement équilibrées par leur disposition même et d'avoir des bielles de grande longueur relative, condition très favorable.

Mais ces machines étaient lourdes et volumineuses. La vapeur était produite par des chaudières à carneaux qui présentaient les mêmes inconvénients et ne pouvaient supporter que des pressions très faibles.

On prendra comme exemple de ce type le *Rhadamanthus*, dont les machines à balanciers et les chaudières à carneaux furent construites par Mandslay en 1832. La puissance nominale était de 220 chevaux, mais les machines pouvaient développer environ 400 chevaux indiqués, soit 1.8 fois la puissance nominale. Les soupapes étaient chargées à $0^k,30$ par centimètre carré et la vitesse du piston à toute puissance était de $0^m,88$ par seconde. Le volume total des cylindres était de 4,700 litres, de sorte que un mètre cube de volume ne correspondait qu'à un travail de 85 chevaux indiqués. Le poids total des machines était, avec les chaudières et l'eau, de 275 tonnes, ce qui fait 1.45 chevaux indiqués pour une tonne de poids.

Un grand progrès fut réalisé par l'introduction des chaudières tubulaires dans lesquelles les gros carneaux à section rectangulaire étaient remplacés par des tubes de petit diamètre; ces chaudières étaient beaucoup plus légères et moins encombrantes. On chercha également à remplacer les machines à balanciers par des machines à action directe. Ces dernières furent de divers modèles dont un des plus remarquables était le type bien connu à quatre cylindres de Mandslay appliqué sur le *Terrible* et beaucoup d'autres navires. Les machines du premier furent construites en 1845; elles étaient d'une puissance nominale de 800 chevaux et réalisèrent 1,905 chevaux indiqués soit 2.38 fois la puissance nominale. La pression aux chaudières était de $0^{k},65$ par centimètre carré, la vitesse des pistons de $1^{m},40$ par seconde, et le poids total de l'appareil moteur de 607 tonnes. Dans ces machines, un mètre cube de volume de cylindres correspondait à 75 chevaux indiqués et une tonne de poids à 3.14 chevaux indiqués.

La forme la plus simple et la plus compacte de machine à roues à aubes fut réalisée par l'adoption de la machine oscillante portée à un haut degré de perfection par l'éminent constructeur feu John Penn avec le nom duquel ce type s'identifie pour ainsi dire, bien qu'il ait été également construit par d'autres maisons. La transmission est directe entre le piston et l'arbre à manivelles, ce qui dispense des organes intermédiaires.

On prendra comme exemple de ce type l'appareil moteur de la *Magicienne* construite par Penn en 1850. La pression effective aux chaudières était de 1 kilogramme par centimètre carré, la vitesse des pistons de $1^{m},45$ par seconde, la puissance indiquée de 1,300 chevaux et le poids total de 275 tonnes. Dans cette machine on obtenait 117 chevaux indiqués par mètre cube de volume de cylindre et 4.72 par tonne de poids total.

L'introduction de l'hélice comme propulseur a été le progrès le plus considérable réalisé dans la navigation. A vitesse égale du navire, l'hélice doit tourner beaucoup plus vite que les roues à aubes; comme à l'époque où on fit la première application de l'hélice, on ne croyait pas possible de donner aux pistons une vitesse assez grande pour leur faire actionner directement l'arbre du propulseur, on employait une transmission par engrenages pour accélérer la rotation de l'hélice, transmission composée d'une grande roue sur l'arbre de la machine et d'un pignon sur celui de l'hélice. Les pressions aux chaudières et les vitesses de pistons de ces machines étaient sensiblement les mêmes que celles des machines à roues de l'époque correspondante de sorte que, si cette étape est intéressante à signaler, il n'est pas nécessaire de s'y arrêter.

Dès l'introduction de l'hélice, on apporta de grands perfectionnements dans la disposition, les détails et la construction des machines et ces améliorations permirent d'accroître les vitesses des pistons suffisamment pour permettre la suppression de la transmission par engrenages et l'attelage immédiat des machines sur l'arbre de l'hélice. Les chaudières furent renforcées pour supporter des pressions plus élevées et le double accroissement de la pression aux chaudières et de la vitesse des pistons permit de

développer une puissance bien plus considérable pour le même poids et le même encombrement, il y a eu là un grand pas de fait. Il est certain que si on n'avait pas eu l'hélice au lieu des roues à aubes, on n'aurait jamais pu réaliser les énormes puissances si communes aujourd'hui. Dans la période entre 1850 et 1860, il a été construit un grand nombre de frégates et de corvettes en bois avec des machines actionnant directement l'hélice. Les cylindres étaient disposés horizontalement pour que les appareils moteurs fussent au-dessous de la flottaison et à l'abri des projectiles. La pression effective de la vapeur était de 1 1/2 kilogramme et, dans la plupart des cas, la vitesse des pistons atteignait 2 mètres par seconde. On peut citer des exemples où cette vitesse était dépassée ; ainsi dans la *Doris* de 3,000 chevaux indiqués, on atteignit 2m,25, et dans la *Victoria* de 4,400 chevaux, 2m,40. Toutes ces machines étaient à condensation par injection et fonctionnaient avec peu de détente ; la consommation y était donc relativement élevée. On peut admettre qu'en moyenne 1 mètre cube de volume de cylindres développait 360 chevaux et 1 tonne de poids 5.5 chevaux. Ces chiffres constituent un progrès énorme relativement aux meilleurs types de machines à roues.

Les appareils moteurs des premiers navires cuirassés appartenaient aux mêmes modèles, mais comme les machines étaient plus puissantes et que, par suite de la plus grande largeur des navires, on put augmenter la course des pistons, les vitesses de ces organes furent plus considérables et les résultats obtenus encore supérieurs aux précédents.

Avec la condensation par injection, on alimentait les chaudières avec de l'eau qui ne différait pas sensiblement de l'eau de mer et on ne pouvait dépasser, sans compromettre la sécurité des chaudières, les pressions de 1.5 à 1.75 kilogrammes en sus de la pression atmosphérique. L'emploi devenu général de la condensation par surface supprima cette difficulté en permettant l'alimentation des chaudières à l'eau douce. On sait que dans ces condenseurs la vapeur est absolument séparée de l'eau réfrigérante, le contact ne s'opère que par l'intermédiaire de la surface de nombreux petits tubes, la circulation de l'eau de refroidissement est opérée par des pompes; toute possibilité d'incrustation dans les chaudières est ainsi évitée.

Depuis 1860 la condensation par surface s'est généralisée dans les machines marines et elle a rendu possible l'emploi des pressions élevées.

Au début on avait conservé les anciennes chaudières à parois planes en les renforçant et en les étayant de manière à leur permettre de supporter des pressions effectives de 2 à 2.5 kilogrammes et la presque totalité des navires de guerre construits entre 1860 et 1870 reçurent des chaudières de ce genre et des machines avec condenseurs à surface. Les vitesses des pistons y furent encore plus considérables qu'avant, surtout dans les grands navires où on pouvait allonger les courses et elles atteignirent une limite qui n'a encore été dépassée que dans quelques navires de construction récente. On dépassait 2m,50 et on atteignait 3 mètres et même 3m,30. Pour réduire la consommation de combustible, on fit les cylindres plus grands, on aug-

menta la détente et on adjoignit aux chaudières des surchauffeurs; la conséquence fut une augmentation des poids de sorte que l'influence de l'accroissement de vitesse des pistons n'est pas aussi sensible quelle eût dû l'être. Dans la moyenne des cas, 1 mètre cube de volume des cylindres correspond à 500 chevaux indiqués et 1 tonne de poids total à 7 1/2.

Nous arrivons maintenant au type ordinaire de machines Compound appliqué à presque tous les navires de guerre depuis 1870 et qu'on peut considérer comme le type normal actuel. Dans ces machines la vapeur des chaudières est introduite directement dans un petit cylindre qu'on appelle ordinairement cylindre à haute pression et de ce cylindre, au lieu de passer comme d'habitude au condenseur, elle est introduite dans un ou plusieurs cylindres de plus grand volume, dits cylindres à basse pression, où la détente s'achève; de là la vapeur passe au condenseur.

Les chaudières ne communiquent donc qu'avec le cylindre à haute pression et le condenseur qu'avec le cylindre à basse pression.

Les pressions employées dans la marine royale avec ce genre de machines ont été d'abord de 4.5 à 5 kilogrammes effectifs; dans les dernières machines on va à 6.5. Comme on l'a indiqué au début de ce travail, le but principal de l'élévation des pressions était la réduction de la dépense de combustible et, en fait, la substitution de la machine Compound employant de la vapeur à 4.5 kilogrammes à la machine ordinaire à condenseur à surface, fonctionnant à 2 kilogrammes, a amené une économie de combustible de 30 à 40 pour 100.

Ce progrès n'a pas été accompagné d'un accroissement de vitesse des pistons et d'une diminution correspondante du poids et de l'encombrement des appareils par cheval indiqué et, bien que les types actuels de machines Compound soient plus légers que les machines ordinaires fonctionnant à la même pression et avec le même degré de détente, cependant, en somme, l'ensemble de l'appareil a un poids supérieur à celui des machines à condensation par surface et chaudières rectangulaires fonctionnant à 2 kilogrammes, type qui a précédé immédiatement la machine Compound, et les vitesses de pistons ne sont pas plus considérables. Le seul avantage qui ait été réalisé à ce point de vue particulier de l'utilisation des poids et des espaces est la réduction de l'emplacement occupé par les soutes à charbon, avantage assurément très important, mais qui sort du cadre de cette étude. L'auteur se propose d'examiner les causes de ce point d'arrêt et d'étudier les tendances probables de l'avenir; ce ne seront que de simples suppositions; mais on peut, en les basant sur l'état actuel de la science et de la pratique, leur donner quelque degré de certitude.

Une des choses qui frappent le plus lorsqu'on aborde en détail l'étude des poids des machines est l'augmentation de poids des chaudières. Ainsi si on compare les générateurs de la *Dévastation* avec ceux du *Nelson*, on constate que, les deux appareils développant environ 6,000 chevaux indiqués, les premiers, du type rectangulaire, fonctionnant à 2 kilogrammes, pèsent avec l'eau 456 tonnes, soit 76 kilogrammes par cheval indiqué,

tandis que les chaudières cylindriques du *Nelson* marchant à 4.2 kilogrammes, pèsent avec l'eau 556 tonnes, ce qui fait 92 kilogrammes par cheval indiqué, ou 30 pour 100 de plus que les précédentes. On peut faire la même comparaison entre l'*Inflexible* et l'*Hercules* dont les machines développent la même puissance. Les chaudières à parois planes de l'*Hercules* marchant à 2 kilogrammes pèsent 547 tonnes, soit 65 kilogrammes par cheval indiqué et les chaudières cylindriques de l'*Inflexible*, fonctionnant à 4.2 kilogrammes, 752 tonnes, soit 90 kilogrammes par cheval indiqué, ce qui fait 37 1/2 pour 100 de plus.

Cette augmentation de poids doit naturellement être attribuée, en partie du moins, à l'augmentation de résistance nécessitée par l'emploi de pressions plus élevées; mais d'autre part la réduction de la dépense de vapeur par cheval a permis de réduire le volume et les dimensions des chaudières par rapport aux générateurs des anciennes machines. La cause principale de l'accroissement final de poids paraît être dans les épaisseurs additionnelles qu'on donne aux tôles des chaudières pour parer aux effets de la corrosion. Beaucoup des chaudières des premiers appareils qui ont fonctionné avec condensation par surface se sont usées si rapidement qu'elles ont dû être remplacées dans la période d'une seule commission. Les dépenses qui sont résultées de l'enlèvement des chaudières et du montage des nouvelles dans le navire ont été si élevées qu'on a trouvé plus économique de donner aux tôles des enveloppes assez d'épaisseur pour que les chaudières puissent durer au moins deux commissions.

On peut espérer que l'introduction de l'acier et l'emploi de certaines précautions dans l'entretien et la conduite des chaudières permettront d'augmenter la durée de ces appareils. Les tôles d'acier sont d'une structure plus uniforme et ont plus de résistance que les tôles de fer; on peut donc réduire les épaisseurs et, maintenant qu'on commence à voir un peu plus clair dans la question de la corrosion des chaudières, il est probable qu'on pourra faire subir une certaine réduction au coefficient de sécurité employé jusqu'ici. Cette considération est d'une très grande importance; ainsi, prenons une chaudière cylindrique de 3 mètres de diamètre dont l'enveloppe circulaire est composée de tôles d'acier de 20 millimètres; la résistance extrême de ces tôles à la traction est généralement spécifiée entre les limites supérieure et inférieure de 42 et 48 kilogrammes par millimètre carré. Beaucoup d'ingénieurs désireraient voir élever ces limites et il est possible qu'on y arrive avant peu; mais nous prendrons la limite inférieure de 42 kilogrammes et nous chercherons quelle augmentation dans la pression de la vapeur permettrait la substitution du coefficient de sécurité 5 au coefficient 8. On supposera la résistance des joints égale à 0,75 de celle de la tôle.

Avec le coefficient 8, l'effort maximum serait de $\frac{42}{8} = 5^{k},25$ correspondant à une pression de vapeur de 4,8 kilogrammes par centimètre carré. Si on trouvait qu'un coefficient de 5 présente une marge suffisante

de sécurité, l'effort par millimètre carré de métal se trouverait porté à $\frac{42}{5} = 8^{k},4$ ce qui permettrait d'élever la pression de la vapeur à 7.7 kilogrammes par centimètre carré.

Si, de plus, on admet qu'après trois ou quatre ans de service la tôle est par la corrosion réduite de 3 millimètres, le coefficient de sécurité serait encore, dans le second cas, de 4.17, ce qui est considéré comme assez large par beaucoup d'ingénieurs, mais, si on trouvait ce coefficient insuffisant, rien n'empêche de réduire la pression de fonctionnement des chaudières à 6.5 kilogrammes par centimètre carré. (*A suivre.*)

Les moteurs à vent. — Il n'est pas rare d'entendre parler des moulins à vent comme d'engins d'un passé à demi-barbare, comme si ces appareils n'étaient pas encore aujourd'hui employés par milliers, non seulement dans des contrées peu avancées, mais même dans les pays les plus civilisés et les plus riches.

On peut citer, aux États-Unis, des fabricants qui livrent tous les ans des quantités considérables de moulins à vent lesquels donnent les résultats les plus satisfaisants.

Il y a toutefois une assez grande incertitude sur la puissance développée par ces machines; malgré ce qui a été dit, on peut affirmer que, jusqu'ici, il n'existe pas de moulins à vent pouvant produire une dizaine de chevaux-vapeur.

La principale application est l'élévation de l'eau pour les usages domestiques et même industriels, ou pour l'arrosage. On peut citer un cas où l'eau élevée par le moulin était destinée à l'alimentation d'une turbine, mais on ajoute qu'on y a bien vite renoncé. L'*American Engineer*, d'où nous résumons cette note, dit qu'il ignore pourquoi, mais que c'est probablement pour des défauts de proportion plutôt qu'à un vice même du système; il semble cependant qu'à moins que le moulin ne fonctionnât d'une manière continue pour accumuler, à un moment donné, la puissance de l'eau sur la turbine et à produire ainsi momentanément un travail plus considérable, il était évidemment préférable d'utiliser directement la force du moulin à vent.

On a proposé l'emploi de ces engins pour comprimer de l'air, pour charger des accumulateurs d'électricité et pour des applications analogues, mais rien ne paraît avoir été réalisé encore dans cet ordre d'idées. Son usage est resté jusqu'ici restreint à l'élévation de l'eau et, au point de vue économique, on peut dire qu'il n'a pas été dépassé. Ses applications domestiques pourraient être étendues et rien ne l'empêcherait de lutter avantageusement, même dans les grandes villes, avec les petits moteurs à air chaud.

Sur les bords de la mer, les moulins à vent rendraient de grands services pour l'élévation des eaux et pour l'évacuation des eaux d'égoûts.

On étudie actuellement cette application sur la côte de New-Jersey. On

a calculé qu'un moulin à vent de 7m,50 de diamètre peut élever à 7m,50 de hauteur 50 mètres cubes d'eau, en travaillant à peu près huit heures par jour. Ce travail correspond à 1 1/2 cheval environ, ce qui est bien loin des 10 chevaux dont on parle quelquefois comme force d'un grand moulin à vent. Un appareil de ce genre avec la pompe et la tour coûterait près de 50,000 francs, ce qui met à un prix très élevé le coût du cheval-vapeur, mais en revanche la dépense de fonctionnement serait notablement inférieure à celle de tous les autres moteurs connus de force comparable. Nous pensons que, si on avait besoin, par exemple, pour emmagasiner du travail, d'avoir, au moyen du vent, une puissance assez grande dans le même endroit, il serait convenable d'établir un certain nombre de moulins de 1 à 3 chevaux plutôt que de tenter la construction de moulins à vent de grande puissance.

Le plus grand moulin à vent qui ait été fait, du moins à notre connaissance, est celui qui a été expérimenté par Coulomb et qui avait 21 mètres de diamètre et 7 chevaux de force. Il appartenait au type Hollandais avec quatre ailes très bien orientées. Des moulins de force supérieure devraient être beaucoup plus solides et nécessiteraient des tours très coûteuses, de sorte que la dépense serait certainement disproportionnée avec la puissance réalisée.

L'auteur croit qu'au moment où on paraît penser à recourir à la force du vent pour emmagasiner du travail sous forme d'électricité ou autre, il est bon d'insister sur le peu de chances de succès qui attend la construction de moulins à vent de dimensions inusitées; il croit bien préférable de multiplier des moulins de types usuels dont les résultats sont parfaitement connus.

Outillage des quais d'Anvers. — Le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand* contient un résumé d'une communication de M. Van Bogaert sur l'outillage des nouveaux quais d'Anvers d'où nous extrayons ce qui suit.

Le mouvement maritime du port d'Anvers augmente régulièrement; ainsi le tonnage total qui était en 1861 de 638,638 tonneaux pour 2,778 navires, et en 1871 de 1,824,115 pour 5,164 navires a été en 1881 de 2,876,379 tonneaux pour 3,936 navires; on voit que le tonnage moyen a été pour les trois années ci-dessus, 230, 335 et 715.

Le chemin de fer a importé, en 1879, 1,000,000 de tonnes environ et exporté 680,000 tonnes. En 1881 l'importation a été de 1,303,000 tonnes et l'exportation 1,124,000. Les voies navigables ont importé et exporté environ une et demi fois autant que les chemins de fer. Anvers est donc surtout un port d'importation bien que, dans ces dernières années, les exportations aient augmenté dans une plus forte proportion que les importations.

Dans un rapport sur les moyens d'augmenter les débouchés de la Belgique vers les pays d'outre-mer, M. Delecourt, ingénieur en chef de la marine

belge, démontre que, dans l'état actuel de l'outillage du port d'Anvers, les steamers au long cours et de cabotage ont tout intérêt, si le fret de sortie manque, à quitter le port d'Anvers sur lest pour prendre leur chargement de charbon à Newcastle ou à Cardiff. L'outillage de ces ports, spécialement aménagés pour les chargements de charbon, permet d'embarquer 200 tonnes de charbon par heure au prix de 25 centimes la tonne. A Anvers on ne pouvait, en 1876, charger que 200 tonnes par jour à 1 fr. 50 la tonne. L'établissement de grues à vapeur au bassin de la Campine permet actuellement de charger avec deux grues 40 tonnes à l'heure à 0 fr. 70 la tonne. Mais les navires perdent un temps considérable à entrer dans les bassins et chaque jour de planche représente pour un navire de 2,000 tonnes une perte de 1,200 francs. Ces grues à vapeur ne sont donc presque pas utilisées pour le chargement des charbons. Il en est de même des grues hydrauliques établies à l'ancien bassin.

Pour l'embarquement rapide et direct des marchandises de navire sur wagon et inversement, l'outillage fait encore défaut à Anvers et celui des nouveaux quais de l'Escaut est destiné à combler cette lacune.

L'outillage des quais est disposé de manière à satisfaire à toutes les exigences. On sait que le terre-plein du quai a, en général, 100 mètres de largeur. Des hangars occupent 60 mètres de cette largeur; cinq voies de chemin de fer parallèles au quai séparent les hangars d'une voie carrossable de 20 mètres de largeur. A trois mètres de l'arête du mur de quai est établie une voie pour le chargement et le déchargement direct du navire sur wagon. Une voie spéciale de 4 mètres d'écartement, embrassant la précédente, permet la circulation des grues hydrauliques. La voie du quai est reliée, au moyen de plaques tournantes de $4^{m},80$ et de voies perpendiculaires au quai, à trois voies parallèles distantes de la crête de 60 mètres. La distance des voies normales aux batteries de plaques tournantes est en moyenne de 70 mètres. La première des trois voies parallèles, abritée par les hangars, est destinée aux wagons à charger ou à décharger sous ceux-ci. La deuxième voie doit servir au dépôt des wagons à retirer, et la troisième au dépôt des wagons en destination du quai. Deux voies de circulation parallèles aux précédentes sont établies sur toute la longueur du quai; la voie d'arrivée est reliée par des aiguillages à la voie de dépôt n° 3 et la voie de départ à la voie de dépôt n° 2. Les trains en destination d'une section sont formés dans la station du Sud; arrivé à la première liaison le train recule sur la voie de dépôt n° 3, y dépose la rame de wagons en queue et continue sa marche; la même manœuvre se répète à chacune des trois liaisons d'une section; un train peut ainsi déposer à une section une soixantaine de wagons. La locomotive change de voie à l'extrémité de la section, revient par la voie de départ et à chaque liaison recule pour prendre les rames de wagons de la voie de départ n° 2. Les wagons sont formés en trains dans la station du Sud.

Les plaques tournantes, permettant de passer des voies de dépôt aux voies de chargement, sont manœuvrées actuellement par des chevaux; plus

tard des cabestans hydrauliques seront établis et leur emploi abrégera considérablement le temps nécessaire à la manœuvre des wagons.

La station du Sud sert provisoirement de gare de formation; plus tard une grande gare de formation devra être créée au delà de l'enceinte de la ville.

La ville d'Anvers établit sur la première section 22 grues hydrauliques en tôle. La grue est placée sur le côté d'un bâtis en fer laminé, porté par quatre roues et laissant libre le gabarit du chemin de fer; des wagons chargés peuvent donc circuler sous le bâtis de la grue; l'extrémité de la volée est à 14 mètres au-dessus de la tablette du quai et à 9m,50 de son arète; ces grandes dimensions de la volée sont nécessaires pour atteindre le centre des écoutilles des navires; en effet, la volée de la grue ne doit pas devenir normale au navire; sans cela la rotation de la volée serait empêchée par les haubans qui retiennent les mâts. Le poids des grues est d'environ 17,450 kilogrammes, dont 5,500 de lest. Elles sont à deux puissances, l'une de 700, l'autre de 1,500 kilogrammes. Un plongeur d'environ 4 mètres de course commande la chaîne de levage par l'intermédiaire de poulies montées sur la tête du plongeur et sur la partie fixe de la grue. Ce système, bien connu d'ailleurs, de palans multiplie l'amplitude de la course de la chaîne.

Le mouvement d'orientation de la grue s'obtient au moyen de deux plongeurs horizontaux, qui impriment, par l'intermédiaire de deux chaînes, un mouvement de rotation à une roue montée sur l'arbre vertical de la grue. L'eau comprimée à 50 atmosphères est amenée dans les cylindres par le pivot de l'arbre. Des tuyaux en cuivre avec joints à vis et écrous permettent de mettre la grue en communication avec la canalisation générale d'eau comprimée. Une cabine est disposée sur l'appareil. La double puissance est obtenue au moyen de plongeurs concentriques que l'on rend solidaires pour la puissance de 1,500 kilogrammes; pour celle de 700, le petit piston seul se lève, l'autre reste fixé au cylindre.

Chacune de ces grues peut faire environ 40 manœuvres par heure; on pourra donc charger environ 50 tonnes par heure et 200 tonnes avec 4 grues par deux panneaux.

La location d'une grue coûtera environ 2 francs par heure y compris le salaire du conducteur, de sorte que l'emploi des grues ne donnera lieu qu'à une dépense de 4 centimes par tonne chargée et déchargée. On pourra très probablement charger une tonne de charbon au même prix que dans les ports anglais et les navires sans fret de sortie ne seront plus forcés de partir sur lest. Cependant, pour le chargement des charbons de ces navires, des installations spéciales seront probablement faites au nord et les quais actuels ne serviront qu'aux steamers des lignes régulières.

L'émigration européenne aux États-Unis. — L'émigration européenne aux États-Unis n'a pas été beaucoup moins grande en juin 1883 qu'au mois correspondant de l'année précédente, mais en juin 1882 il y avait déjà une diminution importante.

Les chiffres sont 75,034 pour 1883 et 84,786 pour 1882.

L'année finissant avec le mois de juin, a donné une réduction de 24 pour 100 sur l'année précédente et de 10 pour 100 sur celle d'avant. La population des États-Unis était au 1er juillet dernier de 55,360,000 habitants ce qui fait une augmentation pour l'année de 1,675,000 soit 3 1/8 pour 100.

Sur ce chiffre l'émigration entre pour 1 1/8 pour 100. La proportion est moindre que dans beaucoup des précédentes années; ainsi, en 1854, les 427,833 émigrants représentaient 1 2/3 de la population et les 379,466 de 1851, 1 5/8 pour 100. L'énorme émigration de ces dernières années a donc une influence relative sur la population moindre que les chiffres plus modestes d'il y a trente ans. Le nombre d'émigrants de l'année dernière ne représente qu'une addition de 312 personnes à la population d'une ville de 10,000 habitants.

L'émigration des cinq dernières années représente 5 pour 100 de la population de 1880 et à peu près le double de la population de New-York pour cette année.

Le nombre d'émigrants arrivés aux États-Unis dans les six dernières années est :

1878	1879	1880	1881	1882	1883
138,469	177,826	457,257	669,431	788,992	599,114

En 1878 les chiffres ont été plus bas que dans toutes les autres années à part 1862.

Ils ont été très élevés en 1865 et ont augmenté encore à partir de là pour atteindre le maximum en 1873 avec 459,803 émigrants; ils ont alors rapidement baissé jusqu'en 1878. La récente diminution qui s'est produite, indique une réduction de la demande de la main-d'œuvre aux États-Unis, et un meilleur état de choses en Europe et à moins que ces conditions ne viennent à changer, il est peu probable que le mouvement se modifie autrement que par une diminution de plus en plus grande, car, vu sa valeur absolue, on doit considérer les chiffres de la dernière année comme encore très élevés.

Le pont de Brooklyn. — Si le pont de l'East River entre New-York et Brooklyn est un magnifique spécimen de l'art de l'ingénieur et un grand succès au point de vue de l'exécution, il semble, à en croire les journaux américains, que c'est une très médiocre affaire sous le rapport financier. Les recettes des sept premières semaines se sont élevées à 165,675 francs, soit en moyenne 3,380 francs par jour. Mais il ne faut pas oublier que des milliers de personnes ont traversé le pont les premiers jours par pure curiosité; ainsi les recettes ont été en décroissant rapidement, 50,000 francs pour la première semaine, 24,500 pour la seconde et seulement 12,800 pour la septième. Le chemin de fer qui traverse le pont va bientôt être ouvert et on peut en espérer un accroissement de recettes, mais cet accroissement sera faible parce que peu de personnes prendront le chemin de fer; le prix en sera de 25 centimes alors que les *ferry-boats* ne prennent que 5 et 10

centimes et, sur une distance de 1,600 mètres seulement, la différence de vitesse ne fait pas gagner beaucoup de temps.

L'intérêt sur les obligations émises par les deux villes de New-York et Brooklyn qui ont construit le pont est de 5 millions de francs, ce qui fait 13,750 francs par jour, et il est douteux que les recettes, même avec le chemin de fer, atteignent le quart du montant des intérêts. L'entretien est évalué à 750,000 francs par an, mais il faut tenir compte d'une recette de 200,000 francs pour la location des arcades des viaducs d'approche. Même en doublant les recettes présumées on n'arriverait pas à couvrir la moitié des intérêts. Le seul moyen d'augmenter suffisamment le trafic serait de faire passer les tramways sur le pont et de le raccorder avec les *Elevated railroads* de manière à permettre les communications entre New-York et Brooklyn sans transbordement. Il y aurait quelqués difficultés de détail telles que le changement de moteur pour le passage du pont, mais elles sont sans importance. En tout cas c'est le seul moyen de tirer parti de cet ouvrage monumental et de supprimer ou au moins réduire des dépenses considérables, car on a calculé qu'avec les recettes de la dernière semaine, le passage de chaque personne qui traverse le pont coûte aux deux villes quelque chose comme 35 à 40 centimes.

COMPTES RENDUS

COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

Séance du 15 *avril* 1883 *à Montluçon.*

Communication de M. Fayol sur les recherches d'**insectes fossiles** faites à Commentry.

Le terrain houiller de Commentry est particulièrement riche en insectes fossiles puisqu'il en a fourni, jusqu'à présent, aux collections sept fois plus que l'ensemble de tous les autres terrains houillers du monde entier. M. Ch. Brongniart a fait, en 1883, au congrès des Sociétés savantes à la

Sorbonne une communication sur les insectes du bassin houiller de Commentry que reproduit cette note; les conclusions en sont que :

1° Les insectes ont existé dès la période Dévonienne;

2° A l'époque carbonifère, ils étaient représentés par des formes tenant des orthoptères, des névroptères et des hémiptères de la famille des Fulgorides; ils formaient, par conséquent, un groupe très homogène;

3° Les insectes des temps primaires étaient tous (sauf les coléoptères supposés) des insectes à métamorphoses incomplètes;

4° Ce n'est qu'aux époques secondaires que des insectes ont commencé à se différencier;

5° Pendant les périodes tertiaires, les insectes différaient peu de ceux qu'on trouve actuellement, mais ceux qui vivaient à cette époque en Europe ne comptent plus de représentants de nos jours que dans les régions chaudes du globe.

Communication de M. Hennecart sur l'**utilisation de l'azote des houilles.**

On a commencé, depuis quelques années, à recueillir l'ammoniaque des fours à coke et aujourd'hui on tente d'obtenir cette matière des hauts fourneaux. M. William Ferrie a fait sur deux des hauts fourneaux de Gartsherrie des installations pour recueillir l'ammoniaque et le goudron; on obtient 20 livres anglaises d'ammoniaque par tonne de charbon. On calcule que les cent vingt hauts fourneaux de l'Écosse dépensant chacun 50 tonnes de charbon par 24 heures produiraient par an une quantité d'ammoniaque équivalente à 20,000 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

L'extension de ce système aux fours à coke donnerait pour l'Angleterre une quantité d'ammoniaque équivalente à 180,000 tonnes de sulfate.

Ces chiffres sont extraits d'un mémoire lu récemment à la Société de chimie industrielle de Londres par M. Walter Weldon, sur l'état actuel de l'industrie de la soude.

M. Weldon ajoute que, si les fabricants de soude convertissaient leur combustible en coke en recueillant les goudrons et l'ammoniaque, ils arriveraient à diminuer le prix de revient de la soude par le procédé Leblanc du montant total du prix du combustible, ce à quoi on peut ajouter l'entière suppression de la fumée, même dans les centres industriels les plus actifs.

Communication de M. Fabre sur **les eaux dans les travaux de mine au point de vue de l'hygiène professionnelle.**

L'auteur indique divers cas où les eaux de mines produisent sur les ouvriers des éruptions d'une nature eczémateuse ou pustuleuse; il est utile, dans ces conditions, d'avoir recours à un système de vêtements et de chaussures en caoutchouc, capables de mettre l'ouvrier pendant la durée de son travail, à l'abri de l'action caustique ou simplement irritante de certaines eaux de mines.

Séance du 27 mai 1883, à Autun.

Communication de M. Demilly sur la mort de M. Grüner.

Communication de M. Graillot sur **l'établissement de la pompe du puits Jules Chagot.**

Il s'agit d'établir au puits Jules Chagot un appareil d'épuisement devant enlever de 500 mètres de profondeur 2 1/2 mètres cubes d'eau par minute, et cela en employant l'appareil devant donner la plus grande sécurité de marche et en même temps la meilleure utilisation de la vapeur.

Après examen des meilleurs installations belges et allemandes, M. Graillot propose d'installer au jour, et dans les meilleures conditions d'économie de vapeur, un moteur à rotation donnant un mouvement alternatif à deux tiges jumelles allant du haut au bas du puits et portant à tous les 100 mètres une pompe Rittinger prenant l'eau de la pompe précédente et la donnant à la suivante; ces tiges seront établies pour ne travailler qu'à la traction. On emploiera des soupapes en bronze phosphoreux à portage réduit et des garnitures de plongeurs à triple cuir permettront le serrage à bloc des chapeaux de garnitures de plongeurs. On espère que les pompes pourront fonctionner à la vitesse de 12 tours par minute.

Communication de M. Aymard sur **le gaz à l'huile de schiste.**

On a considérablement simplifié aujourd'hui les appareils employés par Selligue, le fondateur de l'industrie des schistes; on se sert aujourd'hui de cornues en fonte ou en fer chauffées de 800 à 1,000 degrés; l'huile arrive en un mince filet sur les parois des cornues, s'y décompose brusquement et donne :

1° Un gaz éminemment propre à l'éclairage;

2° Un petit dépôt de carbone sur les parois de la cornue;

3° Une formation de goudrons entraînés par le gaz et recueillis à la condensation.

Le gaz, ainsi obtenu, est employé, soit comme gaz courant, soit comme gaz portatif.

Les rendements des huiles d'Autun sont de 48 à 68 mètres cubes de gaz par 100 kilogrammes, les titres de ce gaz sont de 4.7 à 5.7, celui du gaz de houille étant pris pour unité.

Les appareils, qui d'ailleurs sont aussi variés que nombreux, sont très peu encombrants et, par suite, leur installation est facile et peu coûteuse, d'autant plus que l'épuration est des plus aisée, à cause de l'absence des éléments nuisibles, tels que soufre, etc.

Machine Corliss du Creusot.

M. Raymond donne quelques indications sur une machine Corliss cons-

truite par MM. Schneider et Cie du Creusot, qui a servi à la production de la force motrice à l'Exposition de Bordeaux. Les particularités de cette machine sont dans le mécanisme de déclic, la combinaison cinématique de l'échappement, l'action du régulateur, l'emploi de clapets métalliques.

Cette machine a un piston de 0m,550 de diamètre et 1m,100 de course; à 60 tours par minute, elle donne pour 0,10 d'admission 75 chevaux indiqués, pour 0,16, 100 chevaux et pour 0,22, 118 chevaux.

Communication de M. DE BOISSET sur l'**injecteur à vapeur d'échappement**.

Les expériences faites sur cet injecteur ont fait reconnaître que, loin d'augmenter la contre-pression de la machine, il tend à la faire disparaître; il est d'ailleurs absolument automatique; la base du principe de son fonctionnement est que la vapeur de l'échappement se précipitant dans le vide peut communiquer la même force vive que la vapeur à une tension de 7.7 kilogrammes agissant dans l'atmosphère. Il n'y a eu jusqu'ici aucune plainte sur l'admission de la graisse dans les chaudières, ce qui était une des objections.

Cet injecteur peut, sans autre vapeur que celle d'échappement, alimenter des chaudières dont la pression va jusqu'à 5 1/4 kilogrammes. Pour aller au delà il faut ajouter un jet de vapeur vive. Les diagrammes relevés indiquent une réduction importante de la contre-pression.

Réunion du 18 *juin* 1883.

Dans cette réunion les membres de la Société de l'Industrie minérale ont visité :

1° Le peignage de laines de MM. Delattre, à Dorignies;

2° La verrerie de M. Alain Chartier;

3° Les fosses nos 4 et 5 de la Compagnie de l'Escarpelle et son rivage d'embarquement, les ateliers de lavage, de houille et les fours à coke de MM. Giros, et l'usine de lavage et de fabrication d'agglomérés de MM. Dehaynin.

Réunion du 1er *juillet* 1883.

Rapport de la commission nommée par le district du sud-est de l'Industrie minérale à l'effet de vérifier **les expériences faites par M. Marsaut sur les lampes de sûreté**.

Les conclusions sont en faveur de la nouvelle lampe que la commission considère comme un progrès dans l'exploitation des mines.

Réunion du 7 *juillet* 1883, *à Saint-Étienne.*

Communication de M. BOUDINON sur **les naphtes de Bakou.** — La région la plus riche d'exploitation des naphtes est Balakhané, vers la mer

Caspienne; il y a là, sur un espace de moins de 600 hectares, 250 à 300 puits, dont 130 à 150 environ en exploitation; ces puits sont en moyenne de 170 à 180 mètres de profondeur; le diamètre des forages est de 0m,20 à 0m,43; on les fore avec des tiges rigides et ils sont tous tubés. Quelques puits sont jaillissants et, dans ce cas, on règle le jaillissement avec un appareil régulateur formé d'un tuyau à robinet.

La durée des puits est très variable; on regarde un rendement de 50 tonnes par jour comme un bon rendement, certains puits donnent 130 à 150 tonnes par vingt-quatre heures; un puits qui ne donne que moins de 7 tonnes par jour est regardé comme pauvre et ne valant guère la peine d'être exploité.

Le naphte recueilli est renvoyé, soit par des wagons citernes de 10 tonnes, soit par des conduites, dans les usines de Tchornoe-Godorock, où se fait la distillation.

Le prix du naphte brut ne dépasse pas 0 fr. 30 à 0 fr. 40 les 100 kilogrammes.

A côté des exploitations principales, il y en a beaucoup d'autres peu importantes dans la région du Caucase.

Communication de M. Radisson sur les **pompes à transmission hydraulique** de la mine de Veyras (Ardèche).

Le principe consiste à faire actionner par le moteur une sorte de pompe dite communicateur, qui agit par des tuyaux de transmission sur une autre pompe dite récepteur, laquelle actionne la pompe proprement dite. La transmission se fait actuellement à 300 mètres de distance, le travail mesuré sur la pompe est de 12,860,000 kilogrammes d'eau élevée à 24 mètres de hauteur pour le mois de mai et a correspondu à l'emploi de 149,940 kilogrammes d'eau transformée en vapeur. Chaque kilogramme de vapeur aurait donc produit 2,502 kilogrammètres en eau montée.

La machine motrice étant sans détente ni condensation, on peut admettre que ce rendement n'est pas trop défavorable.

Une chose à signaler est que, par suite des pertes d'eau par les joints et les presse-étoupes, la course du piston du récepteur ne dépasse pas les 0,76 de celle du piston du communicateur.

Ce système de transmission se prête bien aux coudes et sinuosités des galeries; il ne s'use pas et ne nécessite ni graissage ni entretien.

Communication de M. Brunet sur la **rupture d'un trépan par la dynamite.**

Dans un sondage pour recherche de houille fait à Witterthum, près Marquises, le trépan resta engagé à la profondeur de 550 mètres, et les tiges furent brisées. Après plusieurs mois d'essais infructueux pour dégager le trépan, on résolut de le briser par la dynamite. Celle-ci fut renfermée dans des récipients en fonte bien étanches qu'on descendit au fond du

forage; l'inflammation eut lieu au moyen d'un câble électrique. Le trépan fut brisé en trois parties qu'on put retirer isolément sans trop de difficultés.

Ressort pour attelage des bennes sur les plans inclinés. Cet appareil est présenté par M. Alf. Évrard; c'est une modification d'un premier modèle. Le poids est de 14 kilogrammes environ et le prix peut varier de 20 à 25 francs.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

7e *livraison de* 1883.

De l'emploi des régénérateurs dans les machines à air chaud, par M. Schrõter.

Explosion de chaudière à Elberfeld, par Leo Vogt.

Compte rendu des expériences officielles faites à Londres en 1881-82 sur des appareils pour le chauffage des chaudières.

Bâtiment principal de l'exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin, par Dr Proell et Scharowsky.

Chauffage du vent des hauts fourneaux, par Fritz W. Lürmann.

Nouvelle machine à gaz, par R. Schõttler.

Chauffage et ventilation. — Chauffage et ventilation du palais de justice à Londres. — Siphon ventilateur. — Théâtre Asphaleia à Vienne. — Fourneau de cuisine de Liebau. — Chauffage et ventilation du Palais d'hiver à Saint-Pétersbourg. — Purgeur automatique de Lancaster et Tonge. — École primaire à Bâle.

Constructions. — Les nouveaux quais de Zurich. — Appareil pour mesurer les dilatations de Fränkel.

Métallurgie. — Cuivre. — Nickel. — Antimoine.

Electrotechnique. — Éclairage du théâtre du Palais à Münich par le système Edison. Importance de l'éclairage électrique au point de vue de l'hygiène et de la salubrité.

Transmissions. — Système de supports d'arbres de transmission de G. Pfannkuche.

Naufrage et relevement du steamer *Austral*, dans le port de Sidney.

Appareil de forage au diamant pour puits artésiens de la Compagn Américaine de forage au diamant, par M. Tecklenburg.

Littérature. — Construction des pompes à incendie, par C. Bach.

Correspondance. — Transmission par courroies pour laminoirs. — Fou à griller la blende.

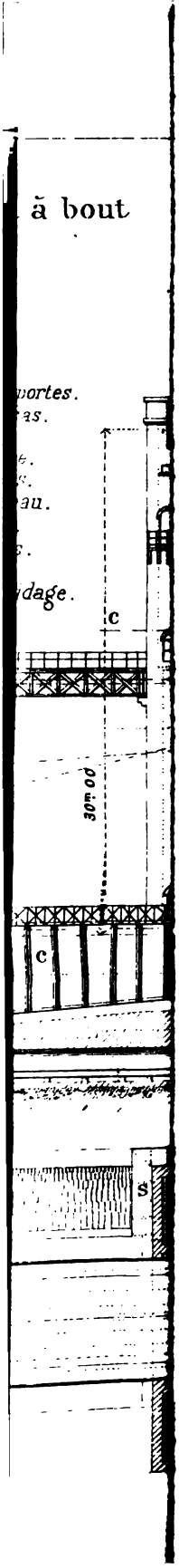
Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

à bou

portes.
as.
e.
s.
au.
s.
dage.


à bout
ortes.
as.
au.
dage.
c
30m.00
c
s

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1883

N° 10

Pendant le mois d'octobre la Société a traité les questions suivantes :

1° *Exposition de Zurich*, observations de M. Mallet (séance du 5 octobre, page 349).

2° *Legs Monnot* (acceptation du) (séance du 5 octobre, page 350).

3°. *Exposition générale Hongroise* en 1885 à Buda-Pest (séance du 5 octobre, page 350).

4° *Congrès tenu à Rouen*, par l'Association pour l'avancement des sciences (séance du 5 octobre, page 351).

5° *Excursion en Belgique et en Hollande* (séance du 5 octobre, page 352).

6° *Maçonneries asphaltiques*, par M. Léon Malo (séance du 5 octobre, page 357).

7° *Frottement des poutres libres sur glissières et sur rouleaux en fonte*, par M. Périssé (séance du 5 octobre, page 358).

8° *Discours prononcé sur la tombe de M. Chobrzynski*, par M. Ferdinand Mathias (séance du 5 octobre, page 366).

9° *Air comprimé mécaniquement pour le soufflage et le travail du verre* (emploi de l'), par M. Appert (séance du 19 octobre, page 368).

10° *Machines permettant de supprimer la poudre pour l'exploitation des mines de charbon à grisou*, de MM. Dubois et François, note par M. Clerc (séance du 19 octobre, page 370).

11° *Chauffage des générateurs à vapeur*, par M. Chancerel (séance du 19 octobre, page 371).

12° *Constructions à adopter dans les régions volcaniques sujettes aux tremblements de terre* (type de), par M. Pesce (séance du 19 octobre, page 378).

Pendant le mois d'octobre, la Société a reçu :

De M. Auguste Moreau, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude critique du cahier des charges des chemins de fer d'intérêt local.*

De M. Gibon, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur la Société de *Consommation des forgerons de Commentry.*

De MM. Édouard Brame, inspecteur général des ponts et chaussées et Louis Aguillon, ingénieur des Mines, un exemplaire de leur étude sur les *Signaux des chemins de fer français.*

Un exemplaire d'une brochure sur les études sur l'*Aménagement et l'utilisation des eaux en Algérie.*

De M. Henri Tresca, membre de la Société, un exemplaire des *Expériences faites à l'exposition d'électricité* par MM. Allard, Le Blanc, Joubert, Potier et H. Tresca.

De M. Alessandro Bettochi, membre honoraire de la Société, un exemplaire de son discours prononcé à l'inauguration du *Congrès des Ingénieurs et Architectes Italiens à Rome.*

De M. Stockalper, ingénieur, un exemplaire de son rapport sur les *Grands tunnels Alpins et la chaleur souterraine.*

De M. le Ministre de l'intérieur Belge, un exemplaire de l'album des *Diagrammes des variations de niveau de la mer dans le port d'Ostende.*

De M. Guisant, membre de la Société, un exemplaire de quelques *données statistiques sur les chemins de fer du globe.*

De M. Pesce, membre de la Société, une note sur le type de *Construction à adopter dans les régions sujettes aux tremblements de terre.*

De M. Herscher, membre de la Société, de la part de M. Wellens, un exemplaire d'une *Notice descriptive avec atlas du nouveau Palais de Justice de Bruxelles.*

De M. de Comberousse, membre de la Société, les nos de la *Revue scientifique* des 8 et 15 septembre, renfermant la conférence qu'il a faite sur le *Transport de l'Énergie*, au congrès tenu à Rouen, par l'Association française pour l'avancement des sciences.

De M. Thery, architecte, un exemplaire d'une note sur les *Chemins de fer Métropolitains de Paris.*

De M. Maldant, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé *Matière et Force.*

De M. Appert, membre de la Société, une note sur l'emploi de l'*Air comprimé pour le soufflage du verre.*

De M. Clerc, membre de Société, une note sur les machines de MM. Dubois et François permettant de *supprimer la poudre pour l'exploitation des mines de charbon à grisou.*

De M. Vérité, membre de la Société, un exemplaire d'un mémoire sur l'*Influence et l'inefficacité des signaux employés pour éviter les accidents des chemins de fer.*

De M. Desbrière, membre de la Société, une note de M. John B. Fell sur la *Construction et l'exploitation des chemins de fer Alpins.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Berruyer,	présenté par	MM. Dupont, Ermel et Guérin.
	Boyer,	—	Chevallier, Guidoux et Leroux.
	Chancel,	—	Armengaud Jules, Cassagne et Marché.
	Dulac,	—	Carimantrand, Mallet et Rubin.
	Goupil,	—	Courtier, Douau et Monyeau.
	Pinel,	—	Bonpain, Jantot et Whaley.
	Rey Herme,	—	Ivan Flachat, Adhémar Lepany.
	Tréfaut,	—	Douau, Mallet et Marché.

Comme Membres honoraires :

MM. DE MATTOS, présenté par MM. Mallet, Rey et Seyrig.
TRASENSTER, — Gottschalk, Marché et Tresca.

Comme Membre associé :

M. VIAN, présenté par MM. Barbe, Carimantrand et Cerbelaud.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1883

Séance du 5 Octobre 1883.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. MALLET, demande à présenter une observation sur le procès-verbal de la séance du 5 août, par lequel, absent à la dernière séance, il a eu seulement connaissance de la communication de M. Parisse sur l'Exposition de Zurich. Il pense que cette communication, d'ailleurs très intéressante, ne pourrait que gagner à la suppression de la phrase, par laquelle elle débute. « L'Exposition de Zurich, à peine connue à Paris, à tel point que, il y a quelques minutes, un de mes collègues apprenant que j'allais vous faire cette communication, me disait : « Il y a donc une exposition à Zurich ? »

Il y a là une exagération manifeste. En effet M. le Président a bien voulu rappeler, à la suite de cette communication, que M. Mallet avait, dès le 1er juin, dans une lettre insérée au procès-verbal de la séance, appelé l'attention de la Société sur l'Exposition de Zurich, et engagé ses collègues à la visiter en leur signalant les principaux points qui pouvaient les intéresser.

Mais il y a plus : la Société a, à Zurich, dans la personne de M. Paur l'un des organisateurs de l'Exposition, un correspondant très dévoué qui, prenant son rôle bien au sérieux, lui a envoyé un ensemble très complet de documents sur l'Exposition, catalogues, notices, plans, etc., documents qui ont été annoncés dans les procès-verbaux de juillet et qui sont à la bibliothèque. Le collègue qui, le 3 août, ignorait l'existence d'une Exposition à Zurich ne

peut donc s'en prendre qu'au peu d'empressement qu'il a apporté à la lecture des procès-verbaux et dès lors il semble qu'il n'y ait pas grand compte à tenir de son appréciation. M. Mallet pense que ce serait mal reconnaître le zèle de M. Paur que de paraître ne pas tenir compte des envois qu'il fait à la Société et il demande que satisfaction lui soit donnée par l'insertion de cette observation au procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT annonce que cette rectification sera faite au prochain procès-verbal. Elle est d'autant plus juste que nous devons chercher à avoir le plus possible de membres correspondants à l'étranger, pour nous renseigner sur tout ce qui se passe dans les autres pays, et qu'il faut tenir compte des efforts qu'ils font pour mériter ce titre.

M. LE PRÉSIDENT annonce les décès de plusieurs membres de la Société, parmi les plus anciens et les plus fidèles, ce sont MM. Alquié, Bergeron, Chobrzynski, Crétin, Garcia, de Arana et Thibault.

M. LE PRÉSIDENT espère que les nombreux et vieux amis qu'ils laissent parmi nous, voudront bien nous donner des notices détaillées sur ceux que nous avons perdus et qui ont tout droit à notre souvenir.

M. CONTAMIN lit une notice nécrologique sur M. Alquié; cette notice sera imprimée *in extenso* dans le Bulletin du mois d'octobre.

M. LE PRÉSIDENT annonce les nominations suivantes dans l'ordre de la Légion d'honneur : *Commandeur*, M. Dietz-Monnin, comme président de la Commission française de l'Exposition d'Amsterdam; *Chevaliers*, MM. Garnier, Paul Mathelin, Menier Gaston et Piat.

M. LE PRÉSIDENT demande ensuite à la Société un vote au sujet de l'acceptation d'un legs de 1000 francs qui a été fait à la Société en 1881 par un de nos anciens collègues, M. Monnot et qui n'est devenu disponible qu'aujourd'hui.

Il est nécessaire, pour pouvoir remplir les formalités d'usage, d'avoir préalablement le vote du Comité et de la Société.

L'acceptation du legs est votée à l'unanimité.

M. WATSON offre à la Société, pour être déposé aux archives, la description d'un grand pont, qui a été construit récemment en Amérique : le Bismarck-Bridge, avec tous les détails de la construction, les épreuves qui en ont été faites au moyen d'une machine très puissante, ainsi que diverses photographies. Il dépose également les détails complets relatifs à un autre pont récemment construit, et livré à la circulation il y a quelques mois.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Watson et donne lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. le Président du Comité d'organisation de l'Exposition Austro-Hongroise de Buda-Pest.

« Monsieur le Président,

« Le Comité d'organisation de l'Exposition générale Hongroise qui aura

lieu à Buda-Pest en 1885, a décidé d'ouvrir un concours international pour la construction des bâtiments d'exposition et l'entreprise des travaux nécessaires.

« Les étrangers étant donc admis à y concourir de même que les nationaux je prends la liberté de vous remettre ci-joint plusieurs plans de l'Exposition et programmes du concours que je vous serais très obligé de vouloir bien tenir à la disposition des personnes qui pourraient s'y intéresser.

« J'ose espérer, Monsieur le Président, que vous voudrez bien excuser le dérangement que ma demande vous cause et vous prie d'agréer avec mes remerciements anticipés l'assurance de ma considération distinguée. »

M. LE PRÉSIDENT, se conformant à l'usage inauguré par un de ses prédécesseurs, M. Gottschalk, indique sommairement les faits intéressants, dans l'ordre de nos préoccupations ordinaires, qui se sont produits pendant les deux mois de vacances, et les manifestations collectives auxquelles se sont associés, à divers titres, les membres de la Société des Ingénieurs civils.

Au mois d'août, a eu lieu, à Rouen, le Congrès annuel de l'*Association pour l'avancement des sciences*. Ce Congrès s'occupe, dans la section du génie civil et militaire, de questions qui nous intéressent, et qui y sont traitées avec une grande compétence.

Cette année, à Rouen, on s'est entretenu de l'endiguement de la Seine, de Paris port de mer, de l'amélioration des ports du Havre et de Rouen, etc.; ce sont surtout les communications faites ici par MM. de Coene, Vauthier, Bouquet de La Grye, etc., qui ont alimenté la discussion. Il serait désirable que les membres de la Société, qui y ont pris part, voulussent bien nous dire si ces questions, qui ont été déjà discutées ici, n'ont pas été présentées sous une forme différente devant un auditoire nouveau, et si quelques modifications n'ont pas été apportées dans les projets, à la suite des observations échangées dans nos séances.

A ce même Congrès, notre vice-président, M. de Comberousse, a fait, sur le transport de l'énergie, une conférence, publiée depuis, aussi élégante dans la forme que complète et précise dans l'exposé des principes. A cette étude se rattachent les expériences sur le transport à distance de la force par l'électricité, qui ont été faites à Grenoble, et dont les résultats sont consignés dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences.

En Angleterre, a eu lieu, à *Middlesbrough*, le Congrès de l'*Iron and steel Institute*. Plusieurs de nos collègues font partie de cette grande association; ils voudront bien nous donner un résumé des communications présentées dans cette session.

Les séances de ce Congrès ont été attristées par un terrible accident survenu pendant une visite d'usine.

Au cours de cette visite, une poche renfermant dix tonnes de fonte en fusion, s'est renversée et la fonte s'est répandue. Plusieurs visiteurs furent

blessés, et l'un d'eux, M. Davison, ingénieur de la Herbeny Foundry, atteint grièvement, succomba quelques heures après.

M. LE PRÉSIDENT relate ensuite les principaux incidents du voyage qu'un certain nombre de membres de la Société ont fait en Belgique et en Hollande.

Le Comité, dans sa dernière séance, avait décidé que, au mois de septembre, il serait fait appel aux membres qui désireraient se rendre à l'Exposition d'Amsterdam. Il était naturel de penser, en outre, que notre voyage au Havre devait être suivi d'une visite analogue, à Anvers, à Amsterdam et à Rotterdam. M. le Président s'est alors adressé, pour organiser cette tournée, à notre correspondant en Belgique, M. Belpaire; et à nos collègues hollandais, MM. Vrolik et Cluysenaer. Ces messieurs nous ont apporté un concours qui a largement dépassé nos espérances, M. Vrolik et M. Cluysenaer, les deux membres de la Société que nous avions en Hollande, ingénieurs en chef des compagnies de chemins de fer sur les rails desquelles nous devions passer, ont mis à notre disposition un ingénieur de la voie, M. Post (qui sera bientôt un de nos collègues), et qui s'est chargé, avec un zèle et un entrain dont nous lui sommes bien reconnaissants, des détails de la réception.

L'un de nos collègues belges, M. Vellut, s'est également mis gracieusement à la disposition des soixante-dix excursionnistes, pour leur éviter, en Belgique, les difficultés d'installation.

M. LE PRÉSIDENT est obligé de passer rapidement sur les côtés pittoresques et artistiques du voyage; les visites aux différents musées, les promenades en voiture et en bateau, les banquets, etc. Ce qu'il importe de signaler, c'est la moisson de renseignements techniques qui ont été recueillis, et dont la Société entière pourra profiter.

Il sera nécessaire, cependant, de garder trace, dans le compte rendu du voyage, des détails de la réception qui a été faite à la délégation de la Société, à titre de leçon pour l'avenir, et afin de constater toute l'étendue des obligations que nous avons contractées envers les ingénieurs étrangers qui nous ont si bien reçus.

Nous devons d'abord des remerciements aux compagnies de chemins de fer. La compagnie du Nord, a mis à notre disposition, à notre départ de Paris, deux voitures de première classe, destinées à nous suivre pendant tout le voyage. A Bruxelles, on y a joint un salon de l'État belge, et, en Hollande, un salon de la compagnie des chemins de fer de l'État. Le tout a constitué le train spécial, dans lequel nous avons circulé pendant les huit jours de notre excursion.

Nous sommes partis de Paris le mardi 18 septembre. A notre arrivée à Bruxelles, nous avons trouvé un certain nombre de nos collègues de Belgique et avons été reçus à la gare par M. Belpaire, administrateur de l'État belge, et M. Ramaeckers, ingénieur en chef.

Notre train spécial nous a conduits immédiatement à Anvers, où la réception a pris un caractère presque officiel. Elle a eu lieu, en effet, à

l'hôtel de ville, où l'échevin chargé des travaux publics, M. Lefèvre, nous a souhaité la bienvenue et a mis une salle de l'hôtel de ville à notre disposition, pour y tenir séance.

Le soir, nous avons eu, en effet, une séance à l'hôtel de ville, où plusieurs communications ont été faites : M. de Matthys, ingénieur en chef des travaux, nous a exposé les conditions d'ensemble des installations générales du port d'Anvers et la part que l'État et la Ville ont prise dans l'exécution de ces travaux; M. Royers, ingénieur de la Ville, nous a donné tous les détails relatifs à l'outillage des quais; M. de Redder, ingénieur de l'État belge, a indiqué comment l'outillage spécial du chemin de fer avait été mis en rapport avec le trafic du port; enfin, M. Hersent a complété les communications, faites par lui à notre Société, sur les travaux qu'exécute l'entreprise Couvreux et Hersent, pour la construction, presque achevée d'ailleurs, des quais de l'Escaut.

Le procès-verbal de cette séance sera publié.

Le lendemain matin eut lieu, sous la direction de MM. de Matthys, Royers et Hersent, la visite des bassins et des divers travaux décrits la veille; nous avons pu constater avec quelle hardiesse et quel succès on avait généralisé l'emploi des moyens hydrauliques, pour la manœuvre des ponts, des portes d'écluses, des grues fixes et mobiles, des plaques tournantes, etc.

Dans notre visite en bateau, des 3,500 mètres de quai de l'Escaut nous avons vu que, au fur et à mesure qu'un morceau de quai était construit, les bateaux y accostaient; la navigation attend donc, pour ainsi dire, la construction des quais, qui sont occupés, aussitôt établis et munis de leur machinerie hydraulique.

Nous avons quitté Anvers à deux heures, et nous sommes partis pour la Hollande.

Pour aller de la frontière à Amsterdam, il y a deux lignes de chemins de fer; l'une d'elles, construite par l'État hollandais, et exploitée par une société fermière, a pour directeur M. Vrolik : c'est par cette ligne que nous sommes arrivés à Amsterdam. Cette Compagnie, à notre arrivée, nous offrit la bienvenue, en même temps qu'un splendide banquet, auquel M. Vrolik avait eu l'excellente idée d'inviter les ingénieurs et les chefs de service des divers travaux que nous devions visiter pendant notre séjour.

On nous distribua alors un programme préparé à l'avance, indiquant, heure par heure, l'emploi de notre temps, et dans lequel étaient résumées les données techniques relatives aux travaux à visiter, avec croquis à l'appui.

Dans la matinée du jeudi, nous nous sommes rendus à l'Exposition. Nous nous sommes divisés en plusieurs groupes. Les membres qu'intéressaient spécialement les questions de chemins de fer étaient dirigés par M. Middelberg, ingénieur chef du service de la traction et du matériel du chemin de fer hollandais. Sous la direction de M. l'ingénieur en chef de la ville d'Amsterdam, et de M. Kalff, nous avons étudié à l'Exposition

les dessins et les modèles de tous les travaux publics exécutés à Amsterdam depuis un certain nombre d'années, ce qui nous préparait à la visite que nous devions faire, l'après-midi, de ces travaux eux-mêmes.

Le moment venu, nous avons en effet circulé en bateau dans les canaux d'Amsterdam, traversé l'immense baie endiguée qui constitue la rade proprement dite d'Amsterdam, vu les machines d'épuisement destinées à maintenir le niveau des eaux dans cette rade, et à renouveler les eaux des canaux de la ville. Ces machines sont de deux systèmes : les roues d'épuisement à Zeeburg, et les pompes centrifuges à Schellingwoude. Nous sommes passés devant le quai du Commerce, quai analogue à ceux d'Anvers, mais exécuté avec une méthode complètement différente.

Ici c'est le sable qui a servi à comprimer la bourbe pour constituer le sol solide et, la construction du quai a été faite par une méthode plus économique qu'à Anvers et répondant mieux au problème à résoudre en Hollande.

Le lendemain matin, vendredi, nous nous sommes rendus à la gare à huit heures, où nous avons retrouvé notre train spécial, qui nous a conduit à Harlem. Là, nous avons visité les Polders, et le Cruquius, l'une des trois machines célèbres qui ont servi à épuiser l'ancien lac. Cette machine sert à maintenir le niveau des canaux et à épuiser les eaux pluviales. Nous avons été reçus par l'administrateur du Polder M. van de Pol. M. Élink Sterk, ingénieur du Polder, nous a fait, à l'intérieur du bâtiment du Cruquius, une conférence qui sera publiée.

En quittant Harlem, nous avons pris le train pour Velsen ; puis parcouru en bateau, le canal maritime construit depuis quelques années pour relier Amsterdam à la mer du Nord, et éviter le passage des navires par l'ancien canal du Helder.

Ce canal a 25 kilomètres de longueur; sa largeur est de 60 mètres, et de 27 mètres au plafond : la hauteur normale de l'eau est de 7m 50.

Il aboutit à un port créé de toutes pièces, à Ymuiden, et permet aux plus grands navires d'arriver à Amsterdam. Il y a une écluse de 120 mètres de longueur ; comme le plus grand navire qui fait le service des Indes, a une longueur de 119 mètres, on étudie le prolongement de cette écluse.

Ici, nous étions sur le territoire de l'ingénieur en chef du Waterstaat, M. du Cellié-Muller qui nous guidait avec M. Bloom, ingénieur chargé du canal maritime construit par une société et racheté par l'État.

Nous sommes repartis d'Amsterdam, le samedi matin, toujours dans notre train spécial, pour aller, conduits par M. van Hasselt, directeur des chemins hollandais, et M. Boscha, directeur de l'École polytechnique de Delft, à la Haye, à Scheveningue, et à Rotterdam où nous avons visité les installations de Feyenoord.

Ces installations comprennent un bassin desservi et exploité par la compagnie des chemins de fer de l'État, qui y a établi un appareil hydraulique,

des plus intéressants, destiné à décharger rapidement les wagons de charbon dans les bateaux.

Un second bassin avec un entrepôt, où la manutention se fait par des appareils hydrauliques, a été construit par une société commerciale, et, depuis un an, racheté par la ville de Rotterdam.

Nous avons visité ces entrepôts sous la conduite de M. Hudig, directeur, et de M. de Jungh, ingénieur de la ville de Rotterdam.

M. de Jungh nous a entretenus des travaux qui s'exécutent pour l'élargissement des quais de Rotterdam, par l'emploi de l'air comprimé, mais dans des conditions toutes différentes de celles adoptées à Anvers.

Enfin, c'est à Rotterdam que nous nous sommes séparés de nos collègues hollandais, dans un dernier repas fait en commun au Jardin zoologique.

Une réflexion s'impose à la suite de la visite de ces différents ports. On remarque, en effet, que les quais, à peine établis à Anvers, les navires y accostent déjà, tandis qu'à Amsterdam et à Rotterdam, le mouvement paraît stationnaire. Est-ce au voisinage seul du port d'Anvers qu'il faut attribuer cette différence? M. le Président ne le pense pas. Il y a, de l'autre côté, pour faire concurrence aux ports de la Hollande, les ports de l'Allemagne : Brême et Hambourg. Le développement des ports, quelque bien outillés qu'ils soient, dépend surtout de l'extension du transit: or, le transit est entre les mains des compagnies de chemins de fer qui aboutissent aux ports. Les deux séries d'entreprise sont liées l'une à l'autre, ainsi le transit pour les ports de Hollande, depend réellement des chemins de fer allemands auxquels viennent sitôt aboutir les lignes néerlandaises et tous les chemins de fer allemands sont dans la même main. On ne peut se douter de l'influence que peut avoir sur le mouvement commercial la seule dénonciation d'un tarif commun, le moindre abaissement de prix. C'est une grave considération que nous devons envisager en France pour l'avenir de nos ports ; on voit par là quelle solidarité existe entre les intérêts des chemins de fer et ceux des ports eux-mêmes. Nous n'avons pas de chemins de fer étrangers qui arrivent presque jusque chez nous de manière à changer la direction du transit comme à Rotterdam ; mais l'exemple de ce qui se passe en Hollande n'en mérite pas moins une très sérieuse attention.

Nous sommes arrivés le samedi 22 à Bruxelles où nous avons retrouvé un certain nombre de nos collègues. La matinée du dimanche a été employée à la visite des travaux du palais de Justice, qui est presque terminé, et dont l'inauguration aura lieu dans quelques jours. Nous avons été conduits dans cette visite, par M. Wellens, l'inspecteur des ponts et chaussées chargé par l'État de la direction de ces travaux et de la mise en pratique des idées de l'architecte, de l'artiste, M. Poclaert, qui a conçu cette grande œuvre et qui est mort il y a quelques années. Nous étions accompagnés également de M. l'architecte Engels et de M. l'ingénieur Carez, attaché au service du Palais. Nous avons entendu une conférence de M. Herscher sur

l'installation des appareils pour la ventilation et le chauffage de ce vaste édifice, installation difficile à cause de l'état d'avancement des travaux lorsque l'on a pu arrêter le système qui a été employé.

Le lundi matin, nous sommes partis de Bruxelles sous la direction de M. Belpaire et nous sommes allés à Malines, visiter les ateliers de l'État. Notre attention a été appelée surtout sur l'organisation de l'économat, des moyens de réception et du banc d'épreuves (appareil Kirkaldy) pour les essais des métaux, ainsi que du laboratoire que dirige M. Roussel.

Nous nous sommes rendus ensuite à Liège où nous avons trouvé M. Clermont, ingénieur en chef du chemin de fer de Liège à Maestricht et président de l'Association des anciens élèves de l'école de Gand. Nous avons visité avec M. de Breil et M. de Groote le barrage de la Gileppe dont l'aspect grandiose produit une si vive impression. Il traverse la vallée de la Gileppe et permet de retenir 13,000,000 de mètres cubes d'eau destinés à l'industrie lainière de Verviers. Sur le prix de construction de cet ouvrage 5 ou 6,000,000 de francs ont été payés par l'État à titre de subvention à l'industrie, et le reste, environ 6,000,000 par la ville de Verviers. Ce barrage a 47^{m},70 de hauteur et une épaisseur de 65 mètres à sa base; il mesure 82 mètres de longueur à la base et 220 mètres au sommet. La réussite de ce travail a été complète, et on se prépare à surélever le barrage de 5 mètres, afin de porter la réserve à 18,000,000 mètres cubes.

Le lendemain matin, mardi, nous visitions l'usine de la Société J. Cockerill, à Seraing, où nous arrivions par le tramway à vapeur de Liège à Jemeppe.

On peut aller de Liège à Seraing par bateau sur la Meuse et par les deux lignes du Nord belge. Malgré ces trois moyens de transport, il paraît qu'il y avait encore place pour un tramway, qui fait ses affaires, d'après les renseignements qui nous ont été donnés sur le rendement de cette exploitation. A ce sujet, il faut vous dire que M. Clermont, ingénieur en chef du chemin de Liège à Maestricht, craignant une concurrence analogue, a inauguré, depuis quelques mois, un service de tramways sur les rails de la grande ligne. On consacre deux heures le matin et l'après-midi à ce service de tramway; des signaux spéciaux sont placés aux passages à niveau pour assurer ce service.

M. Vrolik nous a parlé d'une organisation analogue qu'il prépare en Hollande.

La visite des vastes établissements de Seraing est organisée par M. Sadoine, de manière qu'en trois heures on peut parcourir et examiner toutes les divisions. On est d'ailleurs certain; chaque fois qu'on vient à Seraing de trouver des installations nouvelles et de nombreux progrès réalisés.

Nous avons été spécialement intéressés par le grand ventilateur de M. Kraft, les installations de la houillère Colard, la grande halle de la chaudronnerie, la nouvelle aciérie, les laminoirs reversifs et les appareils

Gjers, qui fonctionnent depuis trois mois et permettent de laminer les lingots sans réchauffage.

M. le Président répète qu'il ne vient de faire qu'un simple résumé. Le Bulletin du mois de novembre contiendra tous les documents qui concernent cet intéressant voyage qui a créé solidairement pour toute la Société des Ingénieurs civils, de si grandes obligations pour l'avenir.

Les Ingénieurs sortis de l'École de Liège, se proposent de venir à Paris l'année prochaine, ce sera l'occasion de les recevoir. Les anciens élèves de Gand se rendent à Dunkerque et à Calais; nous les avons engagés à se rendre aussi à Paris. Quant aux ingénieurs Hollandais, nous prendrons l'initiative de les inviter. Nous ferons de notre mieux pour rendre à tous les ingénieurs Hollandais et Belges le cordial accueil qu'ils ont bien voulu faire à la délégation de la Société des Ingénieurs civils.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Léon Malo sur les *maçonneries asphaltiques*. (Voir la note, page 381.)

M. Canovetti désirerait savoir si le prix indiqué de 140 à 180 francs le mètre cube, est un prix de revient ?

M. Léon Malo répond que c'est le prix que devrait payer celui qui voudrait faire construire. Il a indiqué ces deux limites, parce que le prix n'est pas encore définitivement établi?

M. Severac demande qu'elle dimension il faut donner à un bloc pour qu'il ait la dureté dont parle M. Malo; si on pouvait en effet faire des pavés à raison de 120 francs le mètre cube, cela vaudrait mieux que les pavés en bois. Est ce que cela serait suffisamment dur et assez résistant pour paver une ville ?

M. Léon Malo répond que l'asphalte ne réussit pas pour les pavés. Les pavés sont en effet soumis à l'écrasement par le roulement des voitures, écrasement que les fondations de machines n'éprouvent pas. On a essayé les pavés en mastic d'asphalte, et aucun essai de ce genre n'a réussi.

M. Severac demande si l'on a bien employé l'épaisseur voulue et suffisante $0^m,15$ par exemple.

M. Léon Malo réplique que les inventeurs n'ont pas manqué d'employer tous les systèmes de pavés de mastic d'asphalte: aucun n'a réussi parce que cette matière demande à n'être pas écrasée. Le principe de l'asphalte comprimé, au contraire, est que le roulement des voitures, au lieu de nuire à la solidité de l'asphalte achève sa compression. Lorsqu'on relève une chaussée, ou un morceau de chaussée au bout de sept, huit, dix ans de roulage, l'asphalte est plus usé, mais ce qui reste est beaucoup plus solide que le jour où on l'a posé. Quant au pavé en mastic d'asphalte, d'après ce principe qu'il ne peut se comprimer et ne fait que s'écraser, aucun essai n'en a jusqu'à présent réussi.

M. Durand dit qu'en Amérique, les plus belles rues de Washington sont faites en pavés d'asphalte depuis environ six ans; il ignore cependant le résultat obtenu. C'étaient des grains calcaires assez petits, imprégnés d'asphalte.

M. Leon Malo croit que tous les essais qui ont été faits, même en Amérique, ont été infructueux. Il a été tenu un peu au courant de tous les essais de ce genre, et pour lui, aucun n'a donné des résultats satisfaisants: tout ce qui a été placé en dehors du principe de la roche naturelle n'a pas réussi. On a fait des pavés en asphalte comprimé : cela a tenu, parce que la compression augmente la dureté de la roche, mais, pour le mastic, la compression l'écrase au lieu d'augmenter sa dureté.

M. Watson dit avoir assisté aux essais précités de pavés en Amérique; cela n'a pas duré plus de deux ou trois semaines.

M. Léon Malo conclut que cela confirme ses propres observations.

M. le Président remercie M. Léon Malo de sa communication qui sera insérée *in extenso* dans le *Bulletin*.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Périssé sur le *frottement des poutres libres sur glissières et sur rouleaux en fonte*.

Les grandes poutres métalliques droites reposent sur leurs appuis par l'intermédiaire de glissières ou de rouleaux en fonte de fer ou d'acier ayant pour double but : de répartir la charge sur une surface suffisante et de placer les poutres dans de bonnes conditions pour qu'elles puissent s'allonger et se raccourcir sous l'influence des variations de température.

Il n'est pas indifférent d'adopter l'un ou l'autre mode d'appui, car il se développe au contact de la glissière ou de l'appareil de roulement une force de frottement qui est bien différente dans l'un ou l'autre cas, et qui est de nature, lorsque la poutre est longue, à disloquer son appui, sa culée par exemple, s'il s'agit d'un pont.

Dans une circonstance assez récente, nous avons été amené à donner notre avis dans une contestation entre un département et un entrepreneur à propos de la dislocation des culées d'un pont métallique sous l'influence des variations de température.

Il s'agissait d'un pont de route à deux travées égales de 23 mètres de portée. Le tablier métallique était formé de deux poutres de rive supportant des pièces de pont à leur partie inférieure.

Le poids mort par mètre courant de poutre était de 1,730 kilogrammes et la charge d'épreuve de 1,400 kilogrammes, puisque l'écartement des deux poutres était de 7 mètres, la charge réglementaire de 400 kilogrammes par mètre carré. La charge totale était donc de 3,130 kilogrammes par mètre courant de poutre, ce qui donnait un poids de 28,750 kilogrammes sur chacune des glissières en fonte posées sur la culée.

L'ouvrage est situé dans un pays accidenté dans lequel les variations de température peuvent être très fortes à quelques heures d'intervalle et ces variations peuvent se faire sentir d'autant plus vivement sur la poutre d'amont qu'elle est exposée en plein soleil, étant orientée à peu près dans la direction Est-Ouest.

Les glissières ont été établies dans de bonnes conditions ordinaires et elles permettaient la dilatation libre de la poutre. Néanmoins il s'est produit le fait suivant : c'est que la culée, très bien constituée pour supporter les charges et pour recevoir la force horizontale de frottement qui tend à renverser la culée en dehors lorsqu'il y a dilatation, n'a plus été suffisante pour recevoir la même force, mais en sens contraire, lorsqu'il y a eu contraction de la poutre. En effet, dans ce dernier cas, la force de frottement développée sur les glissières a pour tendance de ramener la culée en dedans, de l'arracher à elle-même en la disloquant et c'est ce qu'elle a fait dans le pont en question.

Cet accident est loin d'être isolé, car nous pourrions citer entre autres trois ponts métalliques de chemin de fer à une voie dont les culées se sont disloquées de la même manière et par la même cause. L'un de ces ponts a 32 mètres de portée de direction biaise avec deux poutres de rive ; les deux autres sont à trois travées de 20 mètres à $20^{m},50$ seulement, mais ils présentent cette particularité qu'on a été dans l'obligation de faire les culées très étroites en largeur par suite de voies obliques passant sous lesdits ponts.

Pour les ouvrages que nous venons de citer, il eût donc fallu poser les poutres sur rouleaux en fer ou en fonte qui donnent une force de frottement beaucoup plus faible que les glissières en fonte employées dans les ponts dont il vient d'être question.

Qu'il nous soit permis de rappeler que, lorsqu'un corps repose sur un plan horizontal, il exerce sur ce plan une force verticale P égale à son poids et que, pour pouvoir mettre le corps en mouvement, il faut vaincre une force horizontale T qui s'appelle frottement et qui est une fraction du poids P. Si on appelle f cette fraction que l'on nomme coefficient de frottement, on a :

$$T = fP.$$

Les physiciens et notamment Coulomb ont déterminé expérimentalement les lois du frottement et ils ont donné la valeur du coefficient f dans un certain nombre de cas qui se rencontrent dans la pratique. On peut ainsi calculer la résistance à vaincre due au frottement de glissement.

Les deux corps en contact étant du fer ou de la fonte, f est égal aux 17, 18 ou 19 centièmes du poids du corps supporté.

Lorsqu'au lieu d'avoir des glissières le corps supérieur repose sur l'autre par l'intermédiaire de rouleaux, la résistance à vaincre est beaucoup moins grande ; mais son évaluation est plus incertaine, car elle dépend à

la fois de la nature des corps, de l'état des surfaces en contact, des dimensions des galets et du point d'application de la puissance.

Jusqu'ici les physiciens n'ont pas déterminé la valeur de la résistance à vaincre avec des rouleaux dans les différents cas qui se présentent. On ne trouve que quelques formules déduites de considérations théoriques et dont l'application présente bien des incertitudes.

Il a été fait par M. Moreaux, notre collègue, quelques expériences dont on trouve la trace dans une note de M. Marin, publiée dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1872, 2e semestre, sur les prix de revient et les procédés de construction de quelques ponts métalliques ; mais cette note ne contient que les résultats des expériences sans en faire connaître toutes les conditions.

Il nous a paru intéressant et utile de faire quelques expériences en nous plaçant dans des circonstances analogues à celles du cas spécial soumis à notre examen.

Ces expériences ont été faites en mars 1882 dans les ateliers de M. A. Piat, fondeur-mécanicien, à Paris, qui a mis à notre disposition une grande machine à raboter avec fosse profonde et avec les engins nécessaires pour manœuvrer de lourdes charges, puisque nous voulions nous rapprocher des conditions pratiques.

Le chariot de roulement était composé de deux rouleaux en fonte tournés de $0^m,101$ de diamètre et de $0^m,40$ de longueur, lesquels étaient maintenus à un écartement de $0^m,85$ d'axe en axe par un cadre comme celui des chariots des ponts en fer.

Le chemin de roulement était composé de deux plateaux en fonte de la raboteuse ayant $0^m,40$ sur $1^m,90$ et placés horizontalement sur les deux longerons de la machine à une distance de $0^m,45$ soit donc à $0^m,85$ d'axe en axe comme les deux rouleaux.

Enfin la charge était transmise par un autre plateau en fonte renversé de $1^m,90$ de longueur sur $0^m,40$ sur lequel une plate-forme avait été disposée pour recevoir des charges de 5 à 6 tonnes. A chaque extrémité de ce plateau placé en sens contraire des autres, existait une pièce de tirage placée à $0^m,055$ au-dessus du plan supérieur de roulement. Cette dimension correspond à peu près à l'épaisseur moyenne des sabots et des glissières de sorte que nous nous sommes placé dans les mêmes conditions que dans le cas pour lequel notre avis était demandé.

Pour mettre la charge en mouvement et pour mesurer l'effort horizontal qui était pour cela nécessaire nous avions disposé à droite et à gauche dans la fosse de la machine, un plateau en bois pouvant recevoir le poids nécessaire à la mise en mouvement ; chaque plateau en bois était relié à la pièce de tirage de la charge roulante, par une corde horizontale s'enroulant sur une poulie de $0^m,30$ de diamètre de roulement et retombant ensuite verticalement jusqu'au plateau montant et descendant dans la fosse. Quatre plateaux en fonte avaient été disposés sur les longerons, en contre-bas des autres, deux à droite et deux à gauche, tant pour

recevoir les butées destinées à limiter la course du chariot que pour servir de support aux poulies sur lesquelles s'enroulaient les deux cordes. Ces poulies ont été prises de grand diamètre pour réduire à une valeur négligeable l'effort nécessaire pour produire l'enroulement de la corde.

Enfin tout a été disposé bien correctement et d'une façon symétrique de façon à établir un équilibre, aussi parfait que possible, entre les organes avant de commencer les expériences.

Les surfaces des plaques en contact avec les rouleaux étaient formées de parties rabotées brutes, n'ayant donc aucun degré de poli, mais bien planes. Il est à remarquer que les lignes du rabotage étaient dans le sens du mouvement pour les plateaux fixes inférieurs tandis qu'elles étaient perpendiculaires pour le plateau mobile.

Afin d'éliminer l'erreur provenant d'un défaut d'horizontalité, et pour tenir mieux compte de l'influence des aspérités des surfaces, toutes les observations ont été faites en double, en agissant tantôt à droite, tantôt à gauche. Les poids sur les plateaux en bois étaient augmentés successivement de 500 grammes pour déterminer la valeur de T à un demi-kilogramme près.

Trois séries d'expériences ont été exécutées.

Dans la première, les surfaces de fonte étaient dans l'état plus haut décrit et bien nettes, sans corps étrangers.

Pour la deuxième série, nous avons fait saupoudrer les plateaux inférieurs avec du sable fin (sable de mouleur brûlé) et ainsi nous avons obtenu une surface qui a été jugée à peu près de même nature que celle d'une plaque de pont, plus ou moins rouillée et poussiéreuse.

Enfin, pour la troisième série d'expériences, les deux rouleaux ont été enlevés et les plateaux ont glissé l'un sur l'autre avec les mêmes surfaces rabotées brutes. Ainsi nous avons voulu déterminer aussi exactement que possible le rapport entre la résistance au glissement et la résistance au roulement, dans les appareils de dilatation des ponts.

1re *Série.* — *Roulement.*

Les expériences ont porté sur cinq positions du chariot, A, B, C, D et E et, pour chacune d'elles, la charge roulante a été de 2,867 kilogrammes et de 5,268 kilogrammes, y compris 73 kilogrammes poids du chariot. Ces deux charges correspondent à 36 kilogrammes et 66 kilogrammes par centimètre linéaire de génératrice des rouleaux en fonte de $0^m,10$ de diamètre. Ce dernier chiffre se trouve assez rapproché de la charge qui existe dans la pratique, charge qui est en moyenne, en France, d'environ 100 à 120 kilogrammes par centimètre de génératrice. En supposant que le contact s'établit sur un millimètre correspondant pour des rouleaux de $0^m,10$ à $0^m,12$ de diamètre, à un angle de 1 degré, on trouve que la pression de 100 kilogrammes correspond à 10 kilogrammes par millimètre carré. Or,

cette pression peut être double, c'est-à-dire de 20 kilogrammes pour les rouleaux de devant qui sont plus chargés dans la disposition ordinaire des appareils de dilatation [1].

Voici un tableau récapitulatif des valeurs de la force T, c'est-à-dire de la force horizontale qui a mis le chariot en mouvement. Après la mise en marche, le mouvement s'est accéléré sous l'action de la force T, ce qui revient à dire que la force nécessaire au départ est plus forte que celle qui est nécessaire pendant la marche.

Positions du chariot.	Charge roulante 2867 kil. Valeurs de T.				Charge roulante 5268 kil. Valeurs de T.			
	A droite.	A gauche.	Moyennes.	POUR 1000 kil. de charge.	A droite.	A gauche.	Moyennes.	POUR 1000 kil. de charge.
A....	22k	9	15,5	5,4	40k	20	30	5,7
B....	19	22	20,5	7,1	39	45	42	8,0
C....	30	15	22,5	7,8	67	37	52	10,0
D....	23	10	16,5	5,8	30	15	22,5	4,3
E....	25	22	23,5	8,2	39	37	38	7,2

Pour chacune des deux charges, la moyenne générale conduit à un même coefficient de résistance au roulement qui est de 7 pour 1000. Cette résistance est donc proportionnelle aux charges. Il y a de grandes variations d'un point à un autre provenant de l'influence des aspérités des surfaces. Le coefficient s'élève jusqu'à 10 à 12 millièmes et descend jusqu'à 3 millièmes.

2me *Série — Roulement.*

Six observations, trois à droite, trois à gauche avec une charge totale de 5,268 kilogrammes. Les poids qui ont déterminé la mise en mouvement

1. Les ingénieurs américains admettent que la pression p maximum des rouleaux, par centimètre de longueur est donnée par l'expression

$$p = 56\sqrt{d},$$

d étant le diamètre des rouleaux en centimètres.

En faisant l'application de la formule, on trouve $p = 178$ kilog. pour des rouleaux de 10 centimètres de diamètre.

sont : 154, 200, et 252 kilogrammes à droite et 139, 140, et 191 kilogrammes à gauche.

Il en résulte une moyenne de 34 millièmes avec 26 comme minimum et 48 comme maximum.

On conclut que la résistance au roulement est devenue cinq fois plus grande quand les plaques inférieures ont été recouvertes de sable fin.

3me *Série — Glissement.*

Les expériences ont eu lieu sous deux charges.

Avec 394 kilogrammes, la force T à droite a été de 73 kilogrammes et à gauche 71 kilogrammes; soit 72 kilogrammes en moyenne qui représentent 183 *millièmes* de la charge.

Après avoir augmenté la charge de 445 kilogrammes, c'est-à-dire après l'avoir portée à 839 kilogrammes, la force horizontale T à droite a été de 149 kilogrammes et à gauche de 145 kilogrammes; soit 147 kilogrammes en moyenne représentant les 175 *millièmes* du poids du plateau mis en mouvement par glissement de fonte sur fonte.

Il est à remarquer que la valeur du coefficient de frottement au départ a été un peu plus faible avec une charge plus forte. Surpris de ce résultat, nous avons répété deux fois les expériences et nous avons toujours obtenu la même valeur de T à un kilogramme près.

En résumé, les expériences conduisent aux conclusions suivantes :

1° La valeur du coefficient de frottement fonte sur fonte, donnée par les physiciens se trouve vérifiée puisque nous arrivons comme eux à une moyenne de 18 centièmes de la charge.

2° La résistance au roulement sur rouleaux tournés et polis de 0,10 de diamètre, placés entre deux surfaces en fonte brute, mais bien planes et bien nettes, est égale aux 7 millièmes de la charge, dans les conditions plus haut indiquées.

3° La résistance au roulement dans les mêmes conditions, mais avec une surface inférieure recouverte de sable fin, est égale aux 3 centièmes et demi de la charge.

4° La résistance au glissement fonte sur fonte est 25 fois plus grande que la résistance au roulement des mêmes surfaces sur galets tournés et polis de 0,10 de diamètre.

5° La résistance au roulement devient cinq fois plus grande lorsque les sabots inférieurs sont recouverts de sable fin, ou autrement dit lorsque ces sabots sont rouillés et poussiéreux.

Nous avons pensé que les ingénieurs et les constructeurs de ponts et d'autres ouvrages métalliques pourront tirer profit des résultats que nous venons de faire connaître. Ils seront à même de déterminer, au moins approximativement, quelle est la force horizontale à vaincre pour mettre la

charge en mouvement dans le cas des rouleaux comme dans le cas de glissières.

Il ne faut pas perdre de vue, dans le cas de glissières, que le coefficient de 0,18 à 0,20 qu'il est d'usage d'appliquer, suppose que les surfaces sont nettes, et bien planes, ce qui n'existe pas en fait, car les sabots, principalement le sabot inférieur, sont plus ou moins rouillés et sales. Nous sommes amené à penser, d'après des constatations faites sur les vannes de portes d'écluse, que le coefficient de glissement devient deux fois plus fort et peut atteindre et même dépasser la moitié de la charge lorsque les deux surfaces métalliques sont rouillées.

Lorsque les poutres reposeront sur galets, la résistance du roulement T pourra être déterminée par l'expression suivante qui établit que la résistance est en raison inverse du diamètre des rouleaux.

$$T = \frac{0{,}35}{d} P$$

P étant la charge,
d étant le diamètre des rouleaux ou des galets en centimètres.

La formule ne serait plus applicable si la pression était trop forte et capable d'altérer la surface en écrasant le métal.

Pour pouvoir compter sur tous les galets employés, il sera bon d'employer un appareil de dilatation avec articulation, du genre de ceux qui ont été employés sur les piles métalliques du réseau de la compagnie d'Orléans, et sur les viaducs des États-Unis, notamment celui de Kentucky-River. Avec de tels appareils, les poutres peuvent s'infléchir sous l'action des charges ou des variations de température, sans que les galets cessent de travailler également, comme au moment de la mise en place.

Quel que soit le système adopté, glissières ou rouleaux, les constructeurs de ponts doivent se préoccuper de la force horizontale, parce que la culée doit être capable d'y résister tant dans un sens que dans l'autre, pour que les mouvements dus à la dilatation et à la contraction puissent se faire impunément, et pour éviter ainsi les dislocations des maçonneries que nous avons signalées.

Jusqu'ici on ne s'est pas assez préoccupé du mode de construction à adopter pour que les culées résistent à la force T, lorsque, par l'effet de la contraction, cette force tendra à ramener la culée en dedans. Il pourra être nécessaire, soit d'appareiller le mur en matériaux ayant une plus grande queue tout en éloignant l'appui de l'arête du mur, soit de relier le sabot d'appui avec un cube suffisant de maçonnerie pour que ce sabot reste fixe sans suivre la poutre dans son mouvement de contraction.

Ces précautions seront presque toujours inutiles lorsque les poutres porteront sur rouleaux, mais alors la question suivante se pose : à partir de quelle portée convient-il d'abandonner le système des glissières pour adopter les rouleaux?

Il y a 10 ou 15 ans encore, les ingénieurs admettaient, tant en France qu'à l'étranger, que les rouleaux n'avaient leur raison d'être que pour des portées supérieures à 30 mètres. Depuis, on est descendu à 24 ou 25 mètres en Angleterre, (80 pieds) en France à 20 ou 22 mètres, et aux États-Unis à 15 mètres. La différence dans les variations brusques de température explique la différence des chiffres admis dans les trois pays.

Nous avons l'opinion que la portée de 18 à 20 mètres ne doit pas être atteinte en France, avec des poutres reposant sur glissières à moins qu'il ne soit pris les précautions spéciales que nous venons d'indiquer.

Nous serons heureux si les résultats d'expériences et les considérations pratiques que nous venons de faire connaître, peuvent être utiles aux ingénieurs.

M. Contamin après avoir, écouté attentivement la très intéressante communication de M. Périssé, en a retenu deux faits : premièrement des coefficients de frottement au glissement et au roulement qui viennent compléter d'une manière très heureuse, en vue des applications pratiques, ceux que l'on trouve dans les ouvrages spéciaux, et, en second lieu, une critique contre les conditions dans lesquelles on établit les appuis des poutres, critique qu'il ne croit pas justifiée, en ce qui concerne, du moins, les méthodes suivies dans les grandes Administrations des chemins de fer, pour étudier ces appuis et les culées qui les supportent, méthodes enseignées, d'ailleurs, d'une manière aussi complète que possible à l'École Centrale depuis plusieurs années déjà. — On calcule avec la plus grande facilité, d'une part, les dimensions à donner aux simples sabots, et la position à leur faire occuper sur la culée supportant l'une des extrémités des poutres, et, d'autre part, la position et les dimensions des rouleaux soutenant l'autre extrémité de ces mêmes poutres. Quant aux culées, on tient toujours compte, dans le calcul des dimensions à leur donner, de l'effort horizontal dû aux contractions et dilatations de la poutre; cet effort est pris égal à la résistance au roulement, toutes les fois que la poutre a une de ses extrémités portée sur rouleaux, qu'elle est libre de se dilater et de se contracter, qu'elle est posée horizontalement, et enfin que les efforts de compression au contact des rouleaux et sabots ne dépassent pas les charges de sécurité que l'on peut faire supporter aux matières en contact.

On a pu, jusqu'à présent, attribuer aux coefficients de frottement des valeurs ne se rapprochant peut-être pas suffisamment de la réalité, et sous ce rapport la communication de M. Périssé vient combler une lacune, mais on savait, au point de vue théorique, du moins, comment calculer les appuis des poutres.

M. Périssé répond qu'il n'a pas voulu entrer dans la théorie des rouleaux; il a tenu à rester dans le domaine de la pratique.

M. Forest demande : Le coefficient de roulement serait-il le même pour la fonte que pour l'acier, la plupart des sabots actuels se faisant en acier?

M. Périssé pense que les résultats seraient à peu près les mêmes avec de l'acier ou de la fonte dure.

M. Forest expose que l'application du sabot, avec l'axe central articulé est souvent employé même sur des culées ou piles en maçonnerie afin que lorsque le pont présente une grande pression celle-ci soit toujours également répartie sur tous les rouleaux du support dans tous les mouvements de la poutre.

M. Contamin insiste dans tous les cas pour qu'on détermine le diamètre du gros rouleau central qui, dans ce cas, joue le rôle d'articulation.

M. Forest rappelle encore qu'étant donné l'effort qui s'exerce sur la culée, le poids propre de cette dernière et la force d'arrachement qui tend à la faire mouvoir, il y a toujours lieu de calculer l'inclinaison de la résultante de ces forces, pour en déduire, soit la distance du sabot par rapport à l'arête et la culée, soit l'inclinaison du parement, pour que cette résultante ne sorte pas des bases de la culée.

M. Périssé n'a pas eu la prétention d'entrer dans tous ces détails.

Le calcul indiqué par M. Forest est bon à faire, mais il faut admettre que la culée est un monolithe, car elle est soumise, non pas à un effort de poussée, mais à un effort d'arrachement. Il préfère le système d'amarrage qui doit être appliqué en ce moment et qui doit donner de bons résultats puisqu'il est analogue aux ouvrages des colliers de poteaux tourillons dans les portes d'écluse. En intéressant un gros cube de maçonnerie par derrière, on obtient une sécurité plus grande.

M. le Président remercie M. Périssé de sa communication.

MM. Boyer, Dulac et Goupil ont été admis comme membres sociétaires et M. Vian comme membre associé.

La séance est levée à onze heures moins le quart.

Paroles prononcées le 4 octobre 1883, sur la tombe de M. Charles Chobrzynski ingénieur, Inspecteur principal de la traction des chemins de fer du Nord, par M. Ferdinand Mathias.

Mesdames, Messieurs,

Il ne faut pas laisser se séparer les amis réunis autour de la tombe de l'homme de bien que la mort nous a ravi, sans qu'une voix se soit élevée pour lui dire, au nom de tous, un suprême adieu, pour retracer rapidement sa vie et rendre un public hommage à ses qualités et à ses vertus.

On a pensé que ce douloureux devoir incombait à son beau-frère, depuis trente-huit ans son ami et son camarade au chemin de fer du Nord, comme à la Société des Ingénieurs civils et à l'Association amicale, à celui qui est aujourd'hui l'un des doyens de l'École Centrale d'où nous sommes sortis tous deux.

La vie, à ses débuts, a été dure pour l'ami que nous pleurons. Né en Pologne d'une famille noble et riche, il terminait sa troisième année d'études à l'École Polytechnique de Varsovie, lorsqu'en 1830 éclata la guerre contre la Russie ; Chobrzynski y combattit vaillamment comme officier

d'infanterie dans l'armée polonaise. Après la défaite, il partit en exil; et arriva en France, avec des milliers de compagnons d'armes dont beaucoup sont devenus, comme lui, d'utiles citoyens de leur nouvelle patrie.

La fortune de sa famille était anéantie, et, pour vivre, il lui fallut d'abord travailler de ses bras dans une teinturerie de Castres. Mais en 1834, un subside du gouvernement lui permit d'arriver à Paris pour entrer à l'Ecole Centrale, où notre généreux directeur, M. Lavallée, lui avait offert une bourse. Il en sortit en 1836 et dès lors, après six années de luttes silencieuses mais cruelles, le sort lui devint plus prospère.

Il fut pendant un an préparateur de chimie à l'École Centrale, et passa ensuite au bureau d'études de M. Eugène Flachat qui, secondé par quelques jeunes gens devenus depuis des hommes remarquables, créa en France la profession d'Ingénieur civil.

Chobrzynski travailla avec lui aux études d'un chemin de fer en Suisse, puis le représenta aux forges d'Abinville et prit enfin la direction des forges de Vierzon.

En 1845, devenu par son mariage, allié de MM. Émile et Isaac Péreire, ces grands initiateurs de chemins de fer, il passa quelque temps dans le service du matériel de la Compagnie de Saint-Germain et fut nommé Ingénieur Inspecteur principal de la traction du chemin de fer du Nord, au moment où l'on y attendait encore la première locomotive.

Vous savez à quel développement inouï est arrivée cette entreprise sous la présidence active et féconde des barons James et Alphonse de Rotschild: notre ami y a contribué de toute son intelligence, de son absolu dévouement et il a rendu d'éminents services à la compagnie.

Ainsi, lorsque nous étions menacés, à cause de l'augmentation extrêmement rapide du nombre des machines en France, d'un renchérissement exagéré du prix du coke, alors notre unique combustible, Chobrzynski devint l'un des promoteurs les plus actifs de l'emploi de la houille crue. Sa grille à gradins nous permit de vaincre les premières difficultés de cette substitution, et de donner aux mécaniciens la confiance et la pratique qui leur manquaient.

Du reste, il suffit d'énoncer un seul fait pour résumer les services rendus par notre ami. En 1878, le Jury de l'exposition internationale lui décerna une médaille d'or comme collaborateur, et jamais récompense ne fut ni plus justifiée ni plus acclamée.

Telle a été la carrière d'ingénieur de Chobrzynsky, elle peut servir de modèle à tous, car elle montre ce que peut l'alliance d'une invincible force morale, d'un labeur incessant et d'une vive intelligence.

Mais ma mission ne serait pas remplie si je ne vous faisais connaître l'homme privé dont l'extrême modestie voilait les qualités du cœur. Il fallait vivre dans l'intimité de Chobrzynski pour apprécier la simplicité de ses goûts, l'imperturbable droiture de son caractère, son sentiment instinctif du vrai et du juste, son exquise délicatesse dans les services rendus, son amour sans bornes pour sa famille. Sa bienveillance envers tous était

aussi paternelle qu'efficace et l'avait fait aimer de tout le personnel. Les mécaniciens et chauffeurs des sections de Paris et de Lille en ont donné une preuve qui nous a vivement touchés, en venant déposer sur le cercueil de leur chef deux magnifiques couronnes de fleurs.

Pour ses compatriotes, il avait le plus profond attachement et se préoccupait sans cesse de ce qui pouvait leur être utile. Il présidait l'association polonaise depuis sa fondation et il laissera parmi eux un vide difficile à combler.

On peut affirmer que Chobrzynski a vécu sans un ennemi ; sa famille le pleure, ses amis l'aiment, l'estiment et ne l'oublieront jamais.

Puissent les sentiments de sympathie et d'affection dont j'ai essayé d'être l'interprète, apporter quelque adoucissement à la douleur de sa fille ; elle trouvera sa vraie consolation au sein de sa famille, dans le souvenir du bonheur dont elle a comblé son père et dans la religion qui donne, non pas l'oubli, mais l'espérance.

Séance du 19 Octobre 1883.

Présidence de M. Ernest Marché.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 octobre est adopté.

M. le Président annonce que M. Eiffel vient d'être nommé chevalier de l'ordre de la Couronne de fer d'Autriche, et M. Carez chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique.

M. le Président fait part du décès de M. Alfred Niaudet, notre savant collègue, qui fit faire tant de progrès à la jeune science de l'électricité, et celui de MM. Verdaveine et Tronchon.

Il rappelle ensuite que dans la séance qui a précédé les vacances, eut lieu la présentation, à l'unanimité des voix du comité, des candidatures de M. de Mattos, président de la Société des Ingénieurs de Lisbonne, et de M. Trasenster, Président de la Société des Ingénieurs sortis de l'école de Liège, comme membres honoraires. Suivant les statuts, le vote pour l'admission des membres honoraires a lieu à la seconde séance qui suit la présentation ; c'est donc aujourd'hui qu'il devra être prononcé sur l'admission comme membres honoraires de ces deux messieurs.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Appert sur l'emploi de l'air comprimé mécaniquement pour le soufflage et le travail du verre. Ce mémoire sera imprimé *in extenso* dans le Bulletin mensuel.

M. Appert après avoir rappelé les deux procédés de mise en œuvre du verre fondu, *coulage* et *soufflage*, décrit le moyen dont il s'est servi pour

étudier la compression produite par les poumons de l'homme; il en déduit les conditions que doit remplir l'organisation d'un soufflage mécanique et les pressions nécessaires suivant la composition du verre mis en œuvre et la nature de la fabrication.

Il rappelle les moyens employés jusqu'alors et les appareils qui ont été essayés pour remédier à l'insuffisance de l'insufflation buccale et aux inconvénients qu'entraîne pour la santé des ouvriers le soufflage du verre, tel qu'il est pratiqué communément.

M. Appert décrit ensuite les appareils qu'il a imaginés et qu'il emploie, depuis 1879, dans son usine pour la compression, l'accumulation et la distribution de l'air à chaque ouvrier suivant ses besoins.

Il fixe les prix de revient de l'air comprimé sous les diverses pressions nécessaires, et montre les résultats économiques qu'on peut en obtenir.

Parmi les appareils dont il donne la description, il cite la *presse à mouler* le verre pour la fabrication de la gobeletterie commune, et l'utilisation de l'air comprimé à haute pression pour la marche de ces appareils.

Il termine par quelques considérations sur l'utilité de ce nouveau procédé et sur les avantages que les industriels en général, et les ouvriers en particulier, peuvent tirer de l'air comprimé pour le soufflage et le travail du verre.

M. le Président demande à M. Clémandot s'il n'a aucune observation à faire sur ces appareils.

M. Clémandot ne peut que confirmer ce qu'a dit M. Appert. Il a vu son travail, a visité ses appareils : tout est admirablement calculé, c'est une réussite complète. Il engage, nos collègues à aller visiter cette usine, qui présente des procédés de fabrication très intéressants et très pratiques.

M. Appert confirme qu'il serait heureux de voir les membres de la Société faire une visite dans son usine; ils seront certains d'être cordialement reçus.

M. Clémandot ajoute qu'il est impossible quand on n'est pas de la partie, de se rendre compte des difficultés qu'il y a eues à vaincre pour arriver à un pareil résultat, en raison de la pression calculée qu'il faut exercer sur le verre, et pour remplacer l'élasticité des lèvres de l'enfant. Ce caoutchouc obturateur qui n'a l'air de rien, a présenté de très grandes difficultés pour être satisfaisant et donner de bons résultats. Il en est de même pour amener le souffle avec la douceur du poumon, et ces messieurs ont eu beaucoup à chercher et à lutter dans l'étude et l'application de tout ce mécanisme. Les spécialistes verriers comprendront mieux que personne les difficultés vaincues.

M. le Président demande si le soufflage par l'air comprimé ne rend plus indispensable l'habileté chez l'ouvrier?

M. Clémandot répond qu'il n'en est rien, que cette habileté consiste surtout à *cueillir* le verre, c'est-à-dire à retirer du creuset la quantité de verre nécessaire pour faire une pièce : il y a là une expérience qu'aucun mécanisme ne peut remplacer; puis, il faut suivre l'épaisseur du verre : en un

mot l'ouvrier conserve toute la responsabilité de l'opération et doit y mettre toute son intelligence.

M. Appert fait remarquer que ce travail était une menace constante pour la santé de l'homme et de l'enfant.

M. Clémandot ajoute aussi que le travail n'était pas régulier; tantôt l'enfant soufflait trop fort et il crevait la pièce; tantôt il ne soufflait pas assez et l'objet était manqué. C'était un apprentissage très.difficile.

M. Ivan Flachat demande si ces appareils sont brevetés et si ce n'est pas une des causes de la lenteur avec laquelle ils se répandent.

M. Appert répond qu'ils sont en effet brevetés, mais montre qu'il y a là un résultat des rapports actuels de confraternité des différents fabricants de France.

Les étrangers Belges et Allemands paraissent être les premiers qui désirent adopter ce système, mais les Français finiront par y venir également.

M. le Président pense que c'est un fait regrettable pour l'industrie française, qui rencontre déjà tant de concurrence à l'étranger.

M. Appert fait observer aussi que beaucoup de verriers reculent devant la dépense d'établissement s'élevant à environ 6,000 francs qui est considérable pour beaucoup d'entre eux.

M. le Président renouvelle ses remerciements à M. Appert, et donne la parole à M. Clerc qui donne communication à la Société d'une note sur les machines de MM. Dubois et François permettant de supprimer la poudre pour l'exploitation des mines de charbon à grisou. Cette note sera imprimée *in extenso* dans le Bulletin mensuel.

L'excursion que la Société vient de faire avec son Président en Belgique et en Hollande a été pour M. Clerc l'occasion d'étudier de près les remarquables appareils dont il va dire quelques mots.

M. Clerc fait ressortir l'intérêt considérable que présente la suppression possible, dans les mines à grisou, de la poudre dont l'emploi est une des principales causes déterminant les explosions. Il ressort d'une circulaire officielle dont il donne lecture qu'en Belgique, dans une période de trois années, sur 23 cas d'inflammation de grisou 18 ont été déterminés par l'emploi de la poudre

La Société des mines de Marihaye, qui a été la première à employer en grand les moyens mécaniques pour l'exploitation de ses mines, a chargé MM. Dubois et François nos collègues, d'étudier le problème de cette suppression de la poudre, problème qu'ils ont parfaitement résolu.

Au lieu de briser la roche par un agent explosif, MM. Dubois et François emploient un système de coin en acier et contre-coins en fer. Au moyen de la machine spéciale dite *Bosseyeuse*, analogue aux perforateurs mais beaucoup plus puissante, on creuse dans le front de taille des rainures et un certain nombre de trous pour créer des lignes de rupture, on place ensuite les coins et contre-coins dans les trous et on frappe sur la tête du coin avec la même machine, mais, en remplaçant l'outil par un marteau, la roche se trouve ainsi brisée aussi bien qu'avec la poudre.

L'une des particularités de la Bosseyeuse, en dehors de sa puissance, est la facilité qu'elle présente pour creuser des rainures, ce qui rend son emploi avantageux, même dans le cas où l'on se servirait de la poudre, par exemple, pour le percement des tunnels.

Les houillères de Marihaye emploient depuis plusieurs années et avec succès la Bosseyeuse. Au point de vue de l'économie, ce procédé peut lutter et dans beaucoup de cas avantageusement avec l'emploi de la poudre.

Une note plus explicite, accompagnée de quelques dessins doivent paraître au prochain Bulletin mensuel et permettront de se rendre suffisamment compte du principe et des avantages de ce nouveau procédé d'exploitation des mines.

M. le Président demande si, comme prix de revient, M. Clerc ne possède pas d'autre chiffre que celui de la comparaison avec l'emploi de la poudre? Comment se comporte la machine par rapport au temps employé et si elle a déjà présenté de nombreuses applications?

M. Clerc ne possède pas d'autres chiffres sur la dépense. Quant au temps il croit qu'il est plus court par l'emploi de cette bosseyeuse.

Ce système fonctionne avec succès depuis plusieurs années à la Société John Cockerill, à la Société de Marihaye et dans plusieurs mines importantes en France et en Belgique.

M. le Président remercie M. Clerc de nous avoir fait connaître cet appareil qu'il avait déjà aperçu pendant son voyage en Belgique; il lui trouve, en effet, un grand intérêt et pense qu'il se généralisera certainement.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Chancerel sur le *Chauffage des générateurs à vapeur.*

M. Chancerel. La question des générateurs à vapeur a été traitée, bien des fois déjà, devant vous. Mais la communication si intéressante, que vous a faite M. Brüll, avec sa précision et son élégance habituelles, sur l'ingénieuse chaudière de M. Dulac, va, sans doute, rouvrir la discussion sur ce sujet, qui passionne, à juste titre, les ingénieurs et les industriels.

La question est loin d'être épuisée, en effet, et nous désirons, à cette occasion, vous présenter des considérations nouvelles, portées sur un point, presque complètement réservé jusqu'ici, celui de la combustion propre, bien distincte des diverses et nombreuses dispositions imaginées par les constructeurs.

Le but rationnel, auquel on tend, c'est de produire, le plus promptement possible, le plus de vapeur sèche avec la moindre dépense de combustible. Ce but a-t-il été complètement atteint dans toutes les parties de ce court programme? Nous ne le croyons pas.

Écartant les obstacles à la vaporisation inhérents à la nature des eaux, c'est-à-dire les dépôts et incrustations qu'il faut prévenir radicalement par l'épuration préalable, comme vous l'a fort bien dit M. Closson, nous considérerons les surfaces de chauffe des différents types de générateurs comme

fonctionnant sans entraves. Et nous ne ferons ici, que rappeler très succinctement, les noms de tous ces types, bien connus, depuis les chaudières cylindriques simples, à bouilleurs et à foyer extérieur jusqu'aux chaudières tubulaires; les foyers intérieurs amovibles et inamovibles, à parcours direct ou à retour de flammes; les tubes inclinés, dits inexplosibles; les tubes Field, ingénieusement modifiés par M. Dulac, etc. Tous ces systèmes, illustrés par les Thomas et Laurens, les Farcot, les Wehyer et Richemond, les Belleville, les de Naëyer, les Fouché et de Laharpe, etc., ont fait avancer d'un grand pas les moyens rapides de vaporisation. Mais, nous croyons qu'aucun d'eux n'a atteint la limite de son rendement, parce que, tous, ils se sont servi, pour la combustion, du tirage naturel des cheminées, c'est-à-dire d'un excès d'air.

Après de nombreuses expériences, nous venons vous dire : supprimez le tirage par les cheminées d'usines; faites la combustion en soufflant, sous les grilles des générateurs, de l'air mêlé, en proportions déterminées, avec les gaz déjà produits et incomplètement brûlés; poussez, lentement, du foyer au registre de la chaudière, ce mélange, au lieu de l'aspirer violemment par le vide. Appliquez ce programme au meilleur des générateurs sus-indiqués et vous verrez s'accroître le rendement du générateur en question et diminuer, de façon importante, sa consommation de combustible.

C'est Péclet lui-même, notre savant et regretté professeur, qui nous guide dans cette voie. C'est lui qui nous dit que, dans les circonstances ordinaires, les cheminées d'usines laissent échapper les gaz à près de 300°; qu'on emploie, environ, 18 mètres cubes ou 23k,4 d'air atmosphérique par kilogramme de charbon; que les 8,000 calories dues à ce kilogramme, devraient porter les gaz résultant de la combustion à 1,425°; que la perte est, par conséquent, de 300 : 1,425 = 0,21; mais que cette perte ne doit guère être estimée, pratiquement, à moins de 0,25. Voici donc, un quart du rendement calorifique pris par le tirage. C'est dans ce champ, que nous glanons; c'est sur ce terrain que nous vous invitons à nous suivre.

Sans reproduire ici le sommaire de la brochure qui est mise à la disposition des membres de la Société, et qui est due à la plume habile de notre camarade, M. Sineau, ingénieur de l'École centrale et architecte, nous ne pouvons nous dispenser de vous donner une idée rapide de l'appareil qui a le mieux réalisé le programme énoncé plus haut, celui de la Compagnie du Chauffage Industriel.

L'appareil, que nous vous présentons, prend les gaz avant la sortie au registre de chaque chaudière et les ramène, par un carneau ou un tuyau, à un ventilateur placé près du front de la batterie de générateurs à desservir. Le ventilateur mélange, à ces gaz, de l'air atmosphérique et les envoie, ainsi modifiés, sous les grilles, à faible pression. Cette pression est environ de 2 centimètres d'eau dans la conduite réservoir

(comme l'indique le manomètre de la soupape hydraulique), et ne se chiffre plus qu'en millimètres à la sortie des buses.

Ici, nous ferons ressortir que la dépression barométrique à la base de la cheminée, que M. Brûll a pris grand soin de noter dans son essai de la chaudière Dulac et dont M. Dulac a souligné l'importance, est un contrôleur très sérieux de la bonne utilisation du combustible des générateurs à vapeur. Cette dépression décroît, en effet, avec la température des gaz qui passent au registre. Plus ces gaz sont dépouillés de chaleur, plus ils ont agi sur les surfaces de chauffe, plus l'effet utile de la combustion est manifeste et moins le tirage a absorbé de chaleur disponible. Cette théorie, si bien mise en évidence par un ingénieur aussi compétent que M. Brûll, était déjà démontrée par les expériences de la Compagnie du Chauffage industriel.

M. Chancerel reprend la description de l'appareil en montrant un spécimen de buse avec ses leviers, ses valves, fixe et mobile et sa cataracte à huile [1]. La soupape hydraulique, règle l'uniformité de la pression dans la conduite réservoir des buses, soit qu'on ait à desservir tous les générateurs de la batterie, soit qu'on n'en ait à desservir qu'une partie.

Un levier automatique, fixé à l'une des portes du foyer, ouvre la valve mobile de la buse quand on ferme les portes et interrompt le soufflage quand on les ouvre.

Un injecteur à vapeur, est mis, par un mécanisme automatique, en fonction, seulement, pendant l'ouverture des portes. On ne l'applique, généralement, que pour les combustibles fumeux.

Les registres de chaque chaudière sont presque fermés et leur ouverture, une fois réglée, ne doit pas changer pendant la marche de l'appareil.

L'appareil se règle de façon à envoyer, pour chaque kilogramme de charbon, 14 à 15 mètres cubes de mélange d'air et de gaz ne contenant que 15 pour 100 d'oxygène. Il supprime ainsi l'excès d'air que M. Scheurer-Kestner a estimé devoir être de 33 pour 100 pour réaliser les meilleures conditions du tirage par les cheminées. Il évite la combustion trop vive de la zone du combustible touchant à la grille et réserve l'oxygène pour les zones supérieures, en y diminuant la formation de l'oxyde de carbone. Il obtient la fumivorité presque complète. Le gaz acide carbonique passe presque seul à la cheminée à une température d'à peu près 80 à 120°.

Le soufflage prend très peu de force, ainsi que Péclet l'avait prévu. Le ventilateur n'exigerait pas 3 chevaux-vapeur, par jour, pour desservir deux foyers, brûlant chacun 200 kilogrammes de houille à l'heure. Avec moins de 6 chevaux, par jour, il pourrait desservir 6 foyers semblables.

L'appareil, dont il s'agit, pourrait avoir l'heureux résultat de ramener le public à l'usage des chaudières les plus faciles à conduire, les géné-

1. La valve mobile n'a qu'un effet d'ouverture ou de fermeture. La valve fixe est le régulateur qui corrige, en plus ou en moins, l'action du soufflage : elle est mue par une manette qui s'arrête aux trous du quart de cercle.

rateurs simples, à bouilleurs, avec séries de réchauffeurs et à foyer extérieur. Il réduit à sa plus simple expression le travail des chauffeurs. Il évite absolument les coups de feu. Il se prête, aussi parfaitement, à la marche forcée des chaudières, en augmentant proportionnellement l'alimentation d'air. Enfin, il est tout à fait méthodique.

Dès qu'un de ces appareils marchera à Paris, et cela sous peu, nous en informerons la Société, afin que nos Collègues puissent suivre sa marche, et juger impartialement de sa valeur.

En terminant, nous devons ajouter que nous ne sommes l'ennemi d'aucun des types de générateurs usités. Nous croyons, au contraire, que chacun d'eux est une émanation très intelligente de son inventeur. Mais, nous croyons, aussi, qu'aucun d'eux n'a dit son dernier mot, comme rendement, et, surtout, comme économie de combustible.

M. LE PRÉSIDENT demande si ces appareils n'ont pas été appliqués depuis un certain nombre d'années, en France, quoiqu'il ne les ait pas vus à Paris ?

M. CHANCEREL répond qu'en effet ils ont été appliqués en France, mais non à Paris, comme, d'ailleurs, l'indique la brochure remise à la Société. On les emploie dans les départements du Nord, de la Marne, du Pas-de-Calais et en Belgique ; mais ces appareils sont dépourvus des leviers automatiques et des perfectionnements plus récents.

M. LE PRÉSIDENT pense que, pour apprécier la valeur du système, il serait bon d'être renseigné par le résumé des applications qui en ont été faites, et par l'indication des résultats obtenus.

M. CHANCEREL aurait pu présenter un résumé des chiffres des constats indiqués dans la brochure, constats faits par d'autres personnes que les inventeurs et qui, par cela-même, n'en ont que plus de poids. Mais ce résumé n'aurait qu'incomplètement mis en valeur les résultats de l'appareil, démontrés par les tableaux de la brochure qu'il faut lire avant de discuter.

M. LE PRÉSIDENT demande à quel chiffre on évalue l'économie de combustible.

M. CHANCEREL. A au moins 10 pour 100. C'est le chiffre minimum que la Compagnie donne. Mais le chiffre effectif qu'elle atteint dépasse généralement 15 pour 100.

M. LE PRÉSIDENT conclut qu'une discussion sur cette question ne sera possible que lorsque nous aurons des résultats contrôlés à Paris.

M. ERMEL demande comment on règle la quantité de gaz qui sort du circuit pour aller au ventilateur, et quelle est la quantité de gaz qui va à la cheminée ?

M. CHANCEREL répond que chaque chaudière a un registre spécial très peu ouvert. Les gaz du circuit, qui ne peuvent pas passer par ce registre très peu ouvert reviennent par un carneau latéral à la boîte d'aspiration du ventilateur où un papillon règle l'admission.

M. Ernel insiste sur sa question qu'il reproduit : Quelle proportion y a-t-il entre les gaz qui vont au ventilateur et ceux qui s'échappent par la cheminée ?

M. Chancerel répond que la vitesse du ventilateur est préalablement fixée sur la quantité de combustible à brûler. Le ventilateur aspire l'air ambiant par une de ses ouïes et les gaz par la boîte d'aspiration réglée comme il a été dit. La proportion des gaz est pratiquement d'environ 1/3 du gaz en volume pour 2/3 d'air atmosphérique.

Pour l'échappement par la cheminée, la proportion sera la même puisque le volume d'oxygène introduit et celui de l'acide carbonique produit seront identiques. On livrera donc à la cheminée les 2/3 de la masse gazeuse.

M. Périssé, dit que dans les chaudières, on voit souvent les gaz s'éteindre; et ils manifestent cette propension surtout en arrivant au contact de parties froides; or, dans le cas actuel, ils sont alimentés avec un mélange d'acide carbonique et d'oxygène; ils doivent donc s'éteindre beaucoup plus facilement que d'ordinaire, ce qui doit être un grave inconvénient pour le chauffage.

M. Chancerel répond que cette question semble indiquer qu'on fait confusion sur les deux parties fondamentales du fourneau industriel : la grille et le circuit, séparés par l'autel. C'est avant l'autel que doit se développer le maximum de température. Les gaz doivent y être complètement brûlés.

Au delà de l'autel, doit commencer le refroidissement et les gaz y sont fatalement destinés à s'éteindre par manque d'oxygène, si l'on admet qu'ils soient encore combustibles, ce qu'il faut éviter. Mais, sur la grille, il n'y a aucune raison pour que les gaz s'éteignent si l'alimentation est suffisante.

M. Crinen désire appuyer ce que vient de dire M. Périssé.

La chaudière ordinaire est un corps froid, plongé dans les gaz en combustion, que l'air soit insufflé comme ici ou qu'il soit appelé par le tirage dû à la cheminée.

Or, ici, on insuffle non pas de l'air pur mais un mélange d'air et de gaz inertes; ces gaz inertes diminuent donc forcément la température des gaz émergeant de la couche de charbon.

Comment se fait-il que, dans ces conditions plus désavantageuses, on obtienne une combustion plus complète des gaz?

Il paraît bien évident, je le répète, que plus il y aura de gaz inertes mélangés à l'air insufflé, plus la température du foyer sera diminuée et par conséquent plus les gaz qui en émergent seront rapidement éteints par le léchage de la chaudière.

M. Chancerel réplique qu'il y a là une erreur sur la combustion. Comme le dit Péclet, que la combustion soit lente ou vive, la quantité de chaleur développée est la même, si la combustion est complète. Or, les foyers à tirage ont toujours des gaz qui échappent à la combustion, tandis que dans la marche avec le système de la Compagnie du Chauffage indus-

triel ce fait ne se produit pas. La température de combustion y doit donc être plus élevée que dans la marche ordinaire. C'est le contraire de ce qu'a énoncé M. Criner.

M. Chancerel ajoute que, quand on fait arriver un excès d'air sous la grille, l'oxygène se précipite sur le combustible qui touche aux barreaux. Cette zone inférieure a une combustion très vive et les couches supérieures sont de moins en moins incandescentes. Avec le système de la Compagnie du Chauffage industriel, toutes les zones supérieures et inférieures sont en ignition sensiblement égale. L'oxygène, protégé par une enveloppe inerte, a pu échapper à une action première trop active de la zone inférieure et être réservé pour les zones supérieures.

M. Criner demande quelle est l'épaisseur de cette couche de combustible et la pression de l'air à l'arrivée du combustible.

M. Chancerel répond que la couche de charbon a de 10 à 12 centimètres d'épaisseur suivant les marches et que la pression est de 2 centimètres de hauteur d'eau dans le canal-réservoir qui va aux buses; elle sort aux buses en millimètres.

M. Criner continue en remarquant que le chiffre de la température à laquelle les chaudières perdent leur gaz, d'après M. Chancerel est de 300 degrés.

Or M. Criner dit qu'aujourd'hui on fait des chaudières qui ont une plus grande surface de chauffe pour une même consommation de combustible, de sorte que les gaz sortent de la cheminée à une température inférieure à celle-là.

D'une manière générale les industriels qui voudront réaliser une sérieuse économie de combustible devront faire des chaudières à grande surface de chauffe.

Quant à la dépression trouvée à la base de la cheminée, dont on a parlé dans une séance précédente, elle ne paraît pas une moyenne.

A Mariemont, on a fait récemment des expériences qui ont duré une huitaine de jours, et on a constaté une dépression très inférieure à celle que M. Brüll disait avoir trouvée dans les gaz de la cheminée; savoir 10 à 12^{mm} d'eau.

A Mariemont, la dépression n'était que de 4^{mm}5, et les gaz n'avaient que 85° de température à la sortie. Avec 4^{mm}5, on a une pression convenable et dans ces conditions, l'appareil exposé par M. Chancerel, n'aurait pas toute l'économie qu'on lui attribue, puisqu'il suppose que les gaz sortent à 300 degrés.

M. Chancerel. Ces chiffres ont été fixés d'une façon indiscutable par Péclet. Mais M. Chancerel ne nie pas que les générateurs perfectionnés n'utilisent mieux la combustion. Les expériences de la Société industrielle de Mulhouse ont établi, en effet, qu'on peut abaisser à 200 et 180° la température de sortie du gaz.

Le chiffre minimum de 10 pour 100 d'économie sur le combustible a été énoncé en vue de ces perfectionnements. Autrement, l'appareil de la Com-

pagnie du Chauffage Industriel atteindrait 15 à 25 pour 100 d'économie de combustible.

M. Chancerel est d'accord avec M. Criner pour augmenter la surface de chauffe des générateurs, puisqu'il a parlé, comme heureux résultat à obtenir, de séries de réchauffeurs à la suite des bouilleurs.

Quant à la dépression barométrique signalée par M. Brüll dans son essai de la chaudière Dulac, de 8 à 10^{mm} d'eau à la base de la cheminée, M. Chancerel n'a pas dit que c'était une moyenne s'appliquant aux générateurs actionnés par l'appareil de la Compagnie du Chauffage Industriel. M. Chancerel croit, au contraire, que la dépression de 4^{mm},5 d'eau, signalée par M. Criner sur des chaudières de Mariemont, serait très bien obtenue sur la chaudière Dulac actionnée par l'appareil susdit.

M. Criner objecte que, même en introduisant une quantité d'air contenant moins d'oxygène, il ne voit pas pourquoi la loi de la combustion différerait. L'air arrive d'abord sous le combustible et forme toujours, en le léchant, de l'acide carbonique, puis, plus haut, celui-ci se transforme en oxyde de carbone si l'épaisseur de la couche est suffisante, puis de l'oxyde de carbone; c'est une loi admise par tout le monde, et, jusqu'à présent, il n'a pas été prouvé qu'elle fût fausse. Or l'appareil en question aurait la prétention de démontrer que cette loi est absolument erronée, puisque la combustion serait égale dans toutes les parties de la couche de charbon?

M. Chancerel dit que la formation d'oxyde de carbone est toujours le résultat d'une trop grande épaisseur de combustible, c'est-à-dire d'une marche vicieuse. L'objectif doit être la formation d'acide carbonique et la suppression de l'oxyde de carbone.

Le chauffage industriel réalise cet objectif par un passage lent de l'air, c'est-à-dire par un contact suffisamment prolongé de l'oxygène et du charbon. Tandis qu'au tirage naturel, comme l'indique Péclet, la combustion du carbone est incomplète quand il n'y a pas excès d'air. Et cet excès d'air est une cause de perte par la cheminée et la vitesse du courant dans le circuit, qui en résulte, est une cause de mauvaise utilisation des surfaces de chauffe.

M. Criner dit nettement que la température est forcément moindre à la couche supérieure, parce qu'il s'y forme toujours de l'oxyde de carbone en certains points quand les foyers sont bien menés, qu'ils soient à tirage naturel ou soufflés.

M. Chancerel répète qu'il ne faut pas parler de formation d'oxyde de carbone puisque tous les efforts tendent à sa suppression.

Pour faire ressortir le caractère de la combustion par le chauffage industriel, M. Chancerel rappelle qu'on marche sous pression et qu'entre le dessous et le dessus du combustible cette pression varie bien peu, puisque la différence n'est représentée que par la résistance opposée au passage de l'air par l'épaisseur du combustible. Cette pression se maintient dans le circuit, mais en diminuant progressivement pour arriver presque nulle au registre où les résistances n'existent plus.

Au foyer, le résultat de cette marche sous faible pression est de donner des flammes sans vitesse, qui montent droit, comme une flamme de bougie ou une flamme de coke sur brasero, dans un milieu en équilibre de pression.

M. LE PRÉSIDENT pense que l'on doit suspendre tout jugement définitif jusqu'à ce qu'on ait pu voir fonctionner l'appareil à Paris.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture d'une note de M. Pesce sur le *Type de construction à adopter à Ischia et en général dans les régions volcaniques, sujettes aux tremblements de terre.*

La récente catastrophe d'Ischia a mis à l'ordre du jour la question du type de constructions à adopter dans les pays sujets aux tremblements de terre.

Il est évident à priori qu'il est à peu près impossible d'obtenir une solution satisfaisant complètement la question.

On pourra diminuer l'étendue des désastres et en atténuer un peu les conséquences, mais on ne peut songer à les empêcher entièrement, car on a à lutter ici contre une des forces les plus redoutables et les plus inappréciables de la nature.

De l'examen même des faits qui se sont passés à Ischia on peut retirer les données qui doivent servir de base et de guides dans l'étude du nouveau type de constructions.

Les mouvements sismiques, qu'ils soient ondulatoires ou sussultoires, ont pour effet, en secouant horizontalement ou verticalement les constructions, de fissurer et de désagréger les parois, de jeter bas les étages supérieurs qui, effondrant les planchers intermédiaires, viennent écraser et combler les rez-de-chaussée et les caves.

Nous voyons de suite que les conditions désavantageuses des constructions ordinaires sont :

1° la hauteur des édifices qui, relativement à la largeur, ne donne pas une suffisante stabilité ;

2° la nature des matériaux de maçonnerie qui ne permet pas d'obtenir une cohésion et une solidité suffisantes pour résister aux vibrations communiquées ;

3° l'inélasticité des matériaux employés qui ne permet pas les oscillations sans rupture ;

4° enfin le poids considérable des matériaux qui a l'inconvénient dans le cas d'un écroulement, d'empêcher ou du moins de retarder, en le rendant fort pénible, le déblaiement des décombres.

Combien de victimes, aurait-on pu sauver, et qui sont mortes de faim sous les voûtes formées par les décombres et que l'on n'a pu secourir à temps à cause du long et laborieux travail de déblaiement !

Le raisonnement critique nous conduit donc à poser comme conditions, auxquelles devront satisfaire les constructions, les suivantes :

Stabilité, résistance, élasticité et solidité unies à une grande légèreté.

En outre toutes les parois desdites constructions devront présenter une grande union entre elles.

Il est aisé de voir que la maçonnerie est absolument à proscrire de ce genre de constructions, soit à cause du manque de cohésion et d'union, soit à cause du grand poids.

Les matériaux qui s'indiquent d'eux-mêmes sont le fer et le bois et en général les matières fibreuses, élastiques et résistantes.

La stabilité dépendra du profil adopté. Nous avons déjà vu que le type de constructions basses et à un seul étage serait à préférer aux constructions à étages multiples.

Le profil triangulaire serait le plus favorable à la condition de stabilité, en admettant bien entendu que l'ensemble de la construction ait l'union et la cohésion voulues.

Le profil ogival avec ou sans partie rectiligne, donnerait également un très bon résultat.

Si donc on pouvait avoir une solide ossature en fer à profil triangulaire ou ogival et un revêtement en bois on atteindrait le résultat proposé.

L'ossature ou carcasse de notre construction-type serait formée d'une série de fermes en fer à ⌶ à larges ailes, solidement assemblées par des cornières et des semelles, et munies d'entretoises également en fer limitant l'écartement de ces fermes. A la partie inférieure, de solides sablières formant le cadre de la construction, entretoiseraient les pieds des fermes.

Une fois l'ossature obtenue, un revêtement en bois formé de planches posées longitudinalement et maintenues entre les ailes des fermes, viendrait compléter notre construction intérieure.

Extérieurement et pour éviter l'emploi de tuiles ou d'ardoises qui appartiennent aux matériaux de la catégorie : maçonnerie, que par principe nous avons proscrits, on pourrait appliquer un enduit étanche (mortier de ciment, etc.), pour abriter l'intérieur contre les infiltrations des eaux pluviales.

Dans des pays chauds, comme dans le cas particulier qui nous intéresse, pour abriter l'intérieur de la construction contre l'échauffement dû à l'action solaire on peut faire usage d'une double enveloppe avec interposition d'un matelas d'air.

En cas de secousses il est aisé de voir que la construction recevrait dans son ensemble la commotion et l'oscillation.

La nature élastique du métal cédant à l'impulsion, neutraliserait en partie l'action destructive.

Les parois, constituées d'un revêtement intérieur en bois, et d'un extérieur d'enduit, ne céderaient que sous une action fort énergique qui, écartant violemment les fermes les unes des autres, ferait tomber le revêtement à l'intérieur de la construction.

Même dans ce cas extrême, le danger n'est pas très grand. Le revêtement en bois, recouvert de l'enduit extérieur ne se détacherait que par

fractions; les fermes en fer de l'ossature divisant notre revêtement en une série de segments d'un poids relativement faible et qui ne serait en rien comparable au poids de la maçonnerie composant une voûte ordinaire.

Dans le cas de constructions à double enveloppe, le revêtement intérieur aurait pour effet d'amortir partiellement sinon totalement le choc, en cas de chute du revêtement extérieur.

On reconnaîtra de suite que le type de construction que nous proposons n'est pas nouveau : c'est le type déjà connu sous le nom de système Tollet, qui a donné son nom à ce type de constructions et qui est arrivé aux mêmes conclusions que nous et avant nous, guidé par un tout autre ordre d'idées.

M. Tollet, officier du génie pendant la guerre de 1870, fut frappé des réels inconvénients que présentaient sous le rapport de la salubrité les casernements militaires et en général les logements collectifs.

L'étude de cette importante question d'hygiène l'a conduit à ce type simple et éminemment avantageux qui constitue le système Tollet.

Nous terminons cette courte étude, en déclarant que notre seul mérite aura été de découvrir dans l'ingénieux système Tollet un nouvel avantage passé inaperçu jusqu'à présent et qui permet de l'adopter dans les pays soumis aux influences sismiques, avec les modifications voulues.

Un ingénieur de Naples, M. Irolli, qui s'occupe de la question des constructions à Ischia, aura le mérite d'introduire dans cette île le type décrit par nous, avec les modifications nécessitées par les nouveaux besoins à satisfaire.

D'après une observation récente, M. Johnston-Lavis a reconnu, en visitant l'île d'Ischia, que les constructions élevées sur le roc ont bien plus souffert que celles élevées sur le sable ou sur le tuf alluvial incohérent qui « par leur nature inélastique faisait office de matelas et absorbaient les ondes terrestres. »

On fera donc bien de tenir compte de cette observation et de rechercher de préférence un sol incohérent et inélastique pour établir les fondations.

MM. Berruyer, Chancel, Pinel, Rey-Herme et Tréfaut, ont été reçus comme membres sociétaires et MM. de Mattos et Trasenster, comme membres honoraires.

NOTE

SUR LES

MAÇONNERIES ASPHALTIQUES

PAR M. LÉON MALO.

I

Bien que ses premiers états de service datent des époques bibliques, l'asphalte compte encore, dans l'industrie contemporaine, parmi les matériaux jeunes. Je veux dire, parmi ceux auxquels on n'accorde pas la maturité qu'il faut pour être admis sans hésitation et sans préventions dans la pratique des travaux. La faute, il faut bien le reconnaître, en est, non à lui qui n'a rien fait pour déméríter, au contraire, mais à ceux dont le devoir professionnel serait de le connaître, comme ils connaissent la chaux, le ciment et les autres matériaux de première nécessité. Je prie mes collègues de ne pas s'offenser si je dis que, sur dix ingénieurs qui l'emploient ou le font employer, on aurait probablement quelque peine à en trouver quatre qui sachent bien d'où il vient, comment on le prépare et quelles sont ses propriétés véritables.

Ce dédain ne s'explique pas ; surtout quand on considère le développement que les applications de l'asphalte ont pris depuis vingt ans dans la voirie des grandes villes, sous forme de trottoirs ou de chaussées. Pour un produit qui a rendu, et rend chaque jour à l'industrie de la construction de si considérables services et qui faisait déjà parler de lui au temps de la Genèse, une pareille indifférence pourrait s'appeler un déni de justice.

Je reconnais qu'une consécration lui manque ; il ne paraît pas que

les Romains l'aient notoirement utilisé. L'ont-ils méconnu ? L'ont-ils simplement ignoré ? Je n'en sais rien. Ce qui est certain c'est que, des Assyriens à nous, personne n'a l'air de s'être occupé de lui.

C'est seulement dans les premières années du dix-huitième siècle qu'on le voit reparaître, dans les circonstances que je vais dire.

Une sorte d'empirique, fort ingénieux du reste, nommé Eyrini d'Eyrinis, se disant professeur grec, docteur en médecine de quelque faculté de fantaisie, publia en 1721 une brochure des plus curieuses, devenue à peu près introuvable aujourd'hui et dans laquelle est traitée, avec une grande variété de vues, la question de l'asphalte. Cet opuscule demi-sérieux, demi-burlesque, écrit moitié par un ingénieur, moitié par un charlatan, m'est tombé par hasard sous la main, il y a vingt-cinq ans ; je l'ai reproduit *in extenso* dans l'une de mes publications sur l'asphalte. L'auteur ne se contente pas d'y enseigner avec une étonnante précision la manière de fabriquer le « ciment asphaltique, » (que nous appelons aujourd'hui le mastic d'asphalte), d'indiquer ses méthodes de préparation et d'application, telles, à peu près, qu'elles sont encore en usage à l'heure qu'il est, d'expliquer les procédés de son emploi, soit au dallage des terrasses, soit au revêtement des bassins et des silos ; il exalte aussi, avec une complaisance toute professionnelle, les vertus hygiéniques et médicinales du nouveau produit, son aptitude à détruire les punaises, à supprimer la goutte, à guérir la gale, les engelures et les rhumes de cerveau, enfin à prévenir les invasions de la peste. C'est, à l'entendre, une panacée universelle et merveilleuse, admirable dans l'art de construire, mais plus souveraine encore dans celui de soulager tous les maux. Il ne faut pas sourire de cet enthousiasme éclectique ; beaucoup d'inestimables découvertes n'ont pas eu des commencements moins bizarres.

Les mérites thérapeutiques de l'asphalte signalés par le professeur d'Eyrinis m'ont laissé assez froid, je l'avoue, mais d'autres passages de sa brochure m'ont intéressé davantage ; un, entre autres, où, en parlant de l'antiquité de son sujet, il cite ce curieux passage de la Bible à propos des travaux de construction de la tour de Babel : « la brique leur servit de pierre et l'asphalte leur servit de ciment [1]. »

J'avais alors, sur l'asphalte, les idées de tout le monde, qu'une familiarité d'un quart de siècle avec ce curieux produit a, depuis, singu-

1. *Et asphaltus fuit eis vice cæmenti.* Genèse, C.XI, V. 3.

lièrement modifiées. En lisant ce verset de la *Genèse*, si net et si catégorique, je me demandai naturellement comment une matière si facilement fusible, si sensible aux variations de la température atmosphérique, si portée à prendre la consistance pâteuse, dans les chaleurs, sous les pieds des passants, avait pu servir de mortier pour des maçonneries construites sous un pareil climat. Quelle que puisse être l'incertitude des textes bibliques, il n'y avait pas à craindre ici une erreur d'interprétation ; la phrase était précise et formelle ; un traducteur n'invente pas ces choses-là. La curiosité me vint de reproduire la maçonnerie de la tour de Babel.

A la suite de quelques expériences, faites en vue de constater d'une manière exacte l'influence réelle de la température ambiante sur le mastic d'asphalte naturel (celui dont on se sert pour faire les trottoirs) je reconnus facilement que ce produit, prompt à se ramollir sous l'action du soleil, quand il est posé sur le sol en couches minces, devient absolument indéformable à n'importe quelle température climatérique, lorsqu'il se trouve en masses d'un certain volume. J'en fis l'essai sur de petits blocs de mastic d'asphalte mélangé de gravier, de *un décimètre cube* seulement. Ces blocs, exposés au soleil de juillet pendant plusieurs semaines, ne se déformèrent pas d'une façon appréciable.

Encouragé par ces expériences, j'eus la pensée, un peu téméraire, j'en conviens, de construire en maçonnerie d'asphalte un massif de 7 mètres de longueur sur 1 mètre de large et $0^{m},70$ de hauteur destiné à supporter une machine à vapeur horizontale de 50 chevaux. Ceci se passait en 1863.

Je ne réussis pas du premier coup, le moule était mal fait, l'asphalte incomplètement cuit, le moellon mal nettoyé ; il y eut force tâtonnements et plusieurs échecs; mais, en fin de compte, je réussis à construire un bloc sur lequel ma machine marche encore aujourd'hui sans qu'il s'y soit produit, depuis son achèvement, la plus légère déformation, même dans la partie située sous le cylindre.

La maçonnerie est composée simplement de moellons bruts d'inégale grosseur, noyés dans une masse de mastic asphaltique et disposés de telle façon que les vides remplis par l'asphalte soient aussi réduits que possible. Ce « ciment » bitumineux est d'une ténacité telle que, lorsqu'on brise un morceau du bloc, la cassure se forme nette et franche, comme celle d'un morceau de poudingue. Mais cette ténacité

cependant, ne supprime pas l'élasticité, très faible, il est vrai, du mastic asphaltique ; élasticité qui suffit pour éteindre complètement les trépidations de la machine en marche. Si l'on pose la main sur le bâtis de cette machine ou sur l'un de ses organes on ne perçoit pas le moindre choc ni la moindre vibration. Je ne puis attribuer qu'à la douceur de mouvement qui résulte de cette élasticité relative, le remarquable état de conservation dans lequel se trouve encore aujourd'hui, après vingt ans de marche, la machine en question qui, bien que d'une construction assez médiocre, ne s'est pourtant jamais dérangée.

J'avais, selon l'expression vulgaire, « pris le taureau par les cornes, » c'est-à-dire que j'étais allé droit à la plus grande des difficultés à vaincre. Évidemment, si la maçonnerie asphaltique établie dans les conditions et dimensions que je viens de dire résistait, à la fois, à vingt ans de trépidations incessantes et à la chaleur considérable développée par un cylindre de machine sans enveloppe, à plus forte raison, dans un massif de maçonnerie ordinaire, elle devait être indéformable et indestructible. Le procédé de construction de la tour de Babel m'était expliqué.

J'employai, en effet, depuis, le même système à un certain nombre d'autres applications qui n'étaient désormais plus qu'un jeu. Je construisis des massifs en maçonnerie asphaltiques, de 5 mètres de hauteur, pour l'installation de concasseurs et de broyeurs Carr, et non seulement ces massifs ne se sont pas affaissés d'un millimètre, mais leur imperceptible élasticité suffit pour absorber les vibrations à tel point qu'en plaçant le doigt sur les paliers il est absolument impossible d'y constater la plus légère secousse.

Cette application de la maçonnerie d'asphalte aux fondations de machines à grande vitesse a donné la mesure de ce qu'elle vaut dans une circonstance assez singulière. Il y a une dizaine d'années, un broyeur Carr était établi quai Valmy sur un massif en maçonnerie de ciment ordinaire ; un graveur sur verre, dont l'atelier se trouvait dans la maison voisine, se plaignit que, depuis l'installation de cet appareil, les vibrations qu'il imprimait au sol l'empêchaient absolument d'exercer son art. Procès et injonction au propriétaire du broyeur d'avoir à supprimer ou les trépidations, ou l'appareil. L'appareil ne fut pas supprimé, mais reconstruit sur un massif de maçonnerie asphaltique ; les trépidations disparurent et l'artiste put travailler désormais en paix chez lui.

Je ne multiplierai pas ces exemples, je n'en pourrais guère citer d'ailleurs que deux ou trois douzaines. Malgré les résultats, je dirai presque étonnants qu'ils m'ont donnés et que j'ai publiés à plusieurs reprises[1], les applications ne se sont guère étendues au delà de ce qui s'en est fait dans les usines d'asphalte elles-mêmes. J'ai bien coulé vers 1865 à l'embouchure de la Gironde, quatre blocs artificiels de 15 mètres cubes chacun, revêtus de maçonnerie asphaltique; mais, deux ans après, une tempête les a emportés. Quelques petits marteaux-pilons, quelques machines à balancier pour l'emporte-pièce, avec les machines à vapeur, concasseurs et broyeurs Carr que j'ai mentionnés tout à l'heure, c'est à peu près tout. Le préjugé qui veut que l'asphalte soit une matière essentiellement molle et inconsistante est resté plus fort que mes expériences. Au surplus, l'asphalte est prédestiné, je crois, à être la victime des légendes; pendant le siège de Paris, les journaux de province ont annoncé avec une vive et patriotique satisfaction que, si les assiégés manquaient de pain, du moins ils ne risquaient pas de manquer de combustible, car ils étaient en train de brûler, pour se chauffer, l'asphalte de leurs trottoirs.

C'est grand dommage; car cette méconnaissance obstinée des véritables propriétés de l'asphalte prive l'industrie et l'art des constructions d'un très précieux auxiliaire; j'ai l'absolue conviction que, dans la plupart des machines à vapeur et des machines-outils, si elles étaient fondées sur des massifs asphaltiques, on réaliserait sur l'entretien journalier, sur le graissage et les réparations, une économie notable.

Il faut bien que j'ajoute, pour éviter toute confusion, et conserver à mes affirmations leur véritable caractère que, pas plus pour ce procédé que pour d'autres qui forment en partie la technique de l'industrie de l'asphalte, je ne me suis réservé de brevet ou privilège d'aucune sorte; les divers systèmes ou méthodes que ma longue intimité avec l'asphalte m'ont conduit à créer et que j'ai maintes fois publiés, ont été laissés par moi dans le domaine public.

1. Notamment dans deux Mémoires publiés par les *Annales des ponts et chaussées*, en 1861 et 1879, ainsi que dans une leçon faite au Conservatoire des Arts et Métiers, le 14 novembre 1880.

II

Avant de décrire les procédés de construction des maçonneries asphaltiques, je crois bon de rappeler ici, en quelques mots, les origines de leur matière première et d'expliquer quelles préparations elle doit subir avant d'être mise en œuvre.

L'asphalte est un minerai calcaire, imprégné naturellement, par un phénomène géologique encore imparfaitement expliqué, de bitume pur, dans la proportion de 6 à 10 pour 100. Il s'exploite par couches, comme la houille. Il en existe, en Europe, une vingtaine de gisements plus ou moins appréciés dans l'industrie. C'est donc une matière relativement rare; celle de bonne qualité du moins.

Si l'on prend un morceau de ce minerai d'asphalte, si on l'expose pendant quelques minutes à une température de 80 à 100°, il tombera en poussière. Le bitume, qui sert d'agglutinant à ses molécules, ramolli par la chaleur, se met en fusion et leur cohésion se trouvant ainsi détruite, les grains de calcaire revêtus chacun de sa mince pellicule de bitume se séparent et forment une poudre couleur brun chocolat. Si pendant qu'elle est encore chaude on ramasse cette poudre pour la comprimer dans un moule, elle y reprendra, après son refroidissement, sa consistance primitive et le bloc de minerai se trouvera reconstitué avec son même grain, sa même consistance et en général ses mêmes propriétés.

C'est sur cette singulière aptitude qu'est fondée l'industrie des chaussées en asphalte comprimé, dont chacun peut voir l'application journalière dans les rues de Paris; application assez mal réussie, par parenthèse, dans les quatre ou cinq dernières années, par suite du mauvais emploi de mauvaises matières. J'ai le devoir de le dire, en passant, pour ne pas laisser attribuer à l'asphalte des méfaits dont il a été bien plutôt la victime que l'auteur.

Si, au lieu de traiter l'asphalte comme je viens de l'expliquer, on le fait cuire, après l'avoir pulvérisé, dans des chaudières à agitateurs où l'on a d'abord fait fondre une petite quantité de bitume libre destiné à servir de fondant, on obtient, après cinq ou six heures de chauffage et de mallaxage, une sorte de pâte noire semi-liquide; c'est ce qu'on nomme le *mastic d'asphalte*. C'est la matière dont on se sert, en la mé-

langeant d'une certaine quantité de gravier, pour faire les trottoirs. Dans cette opération de la cuisson, le bitume préalablement mis dans la chaudière y joue exactement le rôle que la graisse joue dans la poêle à frire ; il empêche l'asphalte de brûler avant de se fondre et, en même temps, il lui restitue ce que l'évaporation lui fait perdre.

La pâte en question est coulée dans des moules de formes diverses selon les usines où on la prépare. Généralement, chacun des pains ainsi formés porte une marque de fabrique plus ou moins recherchée par les applicateurs et dont l'utilité est considérable ; car rien n'est plus aisé à imiter que le mastic d'asphalte naturel. Avec du bitume et de la poussière de macadam on peut fabriquer des pains que l'œil le plus exercé ne parvient pas toujours à distinguer du mastic d'asphalte authentique. C'est le temps seul qui dénonce ensuite la contrefaçon, au prix de mécomptes souvent désastreux.

Ceci posé, je vais en quelques mots expliquer comment s'obtiennent les blocs de maçonnerie asphaltique.

C'est une opération assez délicate, par cette raison qu'elle a été encore peu pratiquée ; elle exige la coopération d'ouvriers expérimentés dans la manipulation de l'asphalte. En outre, la nature de la maçonnerie n'est point indifférente, selon l'espèce de machine que l'on veut installer. Tantôt, il importe d'employer de gros moellons placés par assises horizontales, ou bien à joints irréguliers, et sur lesquels on coule le mastic d'asphalte fondu. Tantôt, il est préférable d'adopter un véritable béton d'asphalte, mastic et caillou. Il est difficile de préciser *a priori* lequel de ces systèmes on doit choisir. C'est l'affaire de l'homme du métier de l'indiquer suivant l'espèce de machine à supporter. Il en est aussi beaucoup, je puis dire que c'est le plus grand nombre, pour lesquelles il sera excellent de noyer dans le massif des pièces de bois de chêne destinées à fixer les boulons de fondation. Dans d'autres cas, ce sont des armatures en fer qu'il conviendra d'y emprisonner. En somme, et tant que la construction des massifs asphaltiques ne sera pas devenue d'une pratique courante, leur nature précise et leur structure seront choses nécessairement réservées à l'appréciation des hommes spéciaux.

La maçonnerie asphaltique se coule dans des moules, dont elle épouse les moindres détails avec une surprenante précision. Si le moule est en planches (c'est en effet le procédé le plus habituel), les veines les plus délicates du bois restent imprimées sur l'as-

phalte; je ne connais pas de matière plastique plus rigoureusement fidèle.

On construit donc un moule revêtu intérieurement de planches blanchies au rabot. Si l'on craint l'adhérence entre le moule et l'asphalte (elle se produit quelquefois lorsque le bois n'est pas parfaitement poli), on revêt les parois de ce moule de papier grossier, ou bien on le badigeonne avec un lait de chaux ou de la terre glaise délayée.

Le moule ainsi préparé, on y dépose les matériaux. Des divers procédés que j'ai successivement essayés, j'en citerai trois seulement; ceux qui sont restés dans la pratique et que j'emploie maintenant de préférence.

1° *Béton d'asphalte.* — Lorsque le mastic d'asphalte pur est cuit à point et bien chaud (environ 180 à 200°), on y verse 50 à 60 pour 100 de son poids de caillou cassé à la grosseur de celui employé pour le macadam. Puis, l'on continue à chauffer le mélange, en le brassant sans relâche, jusqu'à ce qu'il ait atteint, de nouveau, la température que l'introduction de la pierre cassée lui a fait perdre (on se trouvera bien de chauffer le caillou avant de le verser dans l'asphalte). Lorsque cette température est récupérée, on coule le mélange dans le moule, en ayant soin de damer énergiquement le caillou, mais non, toutefois jusqu'à le briser. Après le refroidissement, qui est plus ou moins lent selon les dimensions du massif, on démoule et l'on obtient un monolithe doué de toutes les qualités de résistance et d'invariabilité que j'ai énumérées plus haut;

2° *Maçonnerie asphaltique.* — Dans le même moule que je viens de décrire, on verse un premier lit de mastic d'asphalte pur, de $0^m,05$ à $0^m,06$ de hauteur, très chaud et par conséquent très liquide. On place dans ce bain des pierres d'inégale grosseur, autant que possible chauffées à l'avance et disposées de façon à réduire à leur *minimum* les espaces vides. Sur ce premier lit de pierres, on verse une nouvelle dose de mastic chaud qui en remplit les joints. On introduit ensuite une seconde couche de pierre dans les mêmes conditions en ayant soin de les enchevêtrer aussi bien que leur forme le permet; puis un troisième bain de mastic, un troisième lit de pierre, et ainsi de suite jusqu'au sommet du moule.

Si l'on veut noyer dans le bloc, soit des appareils de charpente, soit des armatures métalliques, elles doivent être fixées dans le moule, *ne*

varietur ; la maçonnerie asphaltique les enveloppe à mesure qu'elle s'élève. Si les pièces de bois à emprisonner n'étaient pas maintenues à leur place d'une manière fixe, la différence de leur poids spécifique avec celui du mastic (qui est 2,300), les chasserait à la surface ;

3° *Maçonnerie mixte.* — Dans certains cas qui, je crois, deviendront nombreux, on peut diminuer la dépense dans une proportion considérable sans perdre d'une manière sensible les avantages du système.

On construit, dans l'intérieur même du massif, un noyau en maçonnerie ordinaire, moellons ou pierre de taille ; puis on remplit avec du *béton* d'asphalte ou de la maçonnerie asphaltique le vide, plus ou moins spacieux qu'on a laissé entre le noyau et la paroi intérieure du moule. C'est de cette façon qu'a été établi le bloc de 7 mètres de longueur sur lequel est montée la machine à vapeur que j'ai citée plus haut. C'est aussi dans ce système mixte qu'ont été construits les blocs de 15 mètres cubes immergés à la Pointe de Grave en 1863.

Cet aperçu très sommaire du procédé de fondations et maçonneries asphaltiques, que j'ai proposé dès 1862, suffit pour montrer quelles ressources l'art de construire y trouvera, le jour où il se donnera la peine de s'en occuper. Il y met le temps, mais il y viendra. Jusqu'à présent, je suis à peu près le seul qui l'ait appliqué. A vrai dire, je ne m'en suis pas fait faute ; depuis vingt ans, toutes les fois que j'ai eu à établir un massif de fondations de machines, un mur de soutènement en terrain humide ou tout autre ouvrage semblable, j'ai toujours employé l'un des trois systèmes que je viens de décrire et toujours avec le même complet succès. Et cependant, malgré les excellents résultats que j'ai chaque fois obtenus, malgré la solidité presque incroyable de ces ouvrages, que beaucoup d'ingénieurs ont visités, je n'ai trouvé que peu d'imitateurs. Le ciel me préserve de me poser en novateur méconnu ! J'attribue cette indifférence simplement à l'idée fausse et absolument tenace, que même les gens du métier, se font des vraies propriétés de l'asphalte.

J'aurais tort de dire que je n'ai pas été aidé dans la propagation du nouveau système. Notre collègue, M. Delano, directeur de la Compagnie générale des Asphaltes, m'a suivi depuis douze ans dans les applications que j'en ai faites. Il a exécuté sur mes conseils plusieurs

massifs très importants qui ont donné les meilleurs résultats. Je n'ai pas beaucoup à choisir parmi mes disciples ; si je cite celui-là, c'est d'abord parce qu'il a agi avec beaucoup d'habileté et d'intelligence ; c'est ensuite, parce qu'il est le seul.

III

J'ai dit qu'une maçonnerie asphaltique, bien construite, avec des matériaux de bonne provenance était à peu près indestructible. J'ai voulu dernièrement supprimer une fondation établie dans ce système il y a quelques années ; j'ai dû la faire sauter à la poudre, morceau par morceau, et encore n'est-ce pas sans peine qu'on a pu y percer les trous de mine. Je crois pouvoir déduire de mes observations qu'un bloc de cette espèce aura une durée indéfinie, dans quelque situation qu'il se trouve.

Mais je reconnais que cette considération n'est pas d'un poids absolu. En fait de travaux publics, la durée indéfinie n'est pas beaucoup plus appréciée que la durée de quelques générations. Je n'appuierai donc pas davantage sur cette appréciation peut être trop philosophique et je réduirai cet « indéfini » à la durée des meilleurs matériaux de construction employés aux mêmes ouvrages, tels que les ciments de Portland ou leurs analogues.

C'est ceux-là, selon moi qu'il faut viser si l'on veut faire des comparaisons de prix de revient. Ce prix de revient, pour ce qui regarde les maçonneries asphaltiques, renferme deux variables. D'abord le volume du massif et les frais de moulage ramenés au mètre cube ; ensuite, la distance du lieu d'établissement de l'ouvrage à construire au lieu de production de l'asphalte. Ces deux éléments sont trop instables pour qu'il soit possible de déterminer *a priori*, même approximativement la valeur spécifique de la maçonnerie asphaltique. Tantôt une fondation bitumineuse, de machine à vapeur, par exemple, sera plus chère qu'un monolithe en pierre de taille ou en ciment, tantôt elle sera plus économique ; cela dépendra à la fois de la dimension du bloc, de la complication de sa forme et de la position géographique du lieu du travail. Au contraire des monolithes en pierre de taille, plus le bloc asphaltique est volumineux, moindre est son prix d'unité. De même,

plus sa forme est compliquée, plus la main-d'œuvre de façon de la pierre de taille dépasse celle de la maçonnerie bitumineuse. Enfin, plus le lieu d'emploi est proche du lieu d'origine de la matière asphaltique moins par conséquent la dépense de transport pèse sur le prix de revient.

Cette complication du problème m'empêche naturellement d'indiquer un prix formel d'établissement. Toutefois et pour fixer à peu près les idées sur ce point, je dirai que le prix du mètre cube de maçonnerie bitumineuse pour fondations, à Paris, doit varier actuellement entre 140 francs et 180 francs. Ces chiffres décroîtront naturellement à mesure que la pratique du système se répandra et que les artifices de main-d'œuvre se simplifieront.

Je ne sais pas si, dans l'état actuel des choses, les prix de la maçonnerie asphaltique seront plus ou moins avantageux que ceux des maçonneries ordinaires utilisées dans les mêmes cas spéciaux pour lesquels j'en conseille l'adoption ; ce qui me paraît hors de doute aujourd'hui, c'est que la grande, l'incontestable économie qu'elle procurera est celle qui résultera de l'amoindrissement des frais d'entretien des machines montées sur de semblables fondations. C'est à ce point de vue surtout que la question m'a paru être d'un grand intérêt et que j'ai cru utile d'en faire l'objet de cette communication à la Société.

LES

ASCENSEURS HYDRAULIQUES

PAR M. SEYRIG.

I

Le mémoire de M. Harrand et la description faite par M. Badois[1] des ascenseurs pour canaux d'Anderton et des Fontinettes appellent quelques observations complémentaires. Celui d'Anderton seul fonctionne aujourd'hui, mais un nombre considérable d'appareils de ce genre paraît devoir être construit dans un délai peu éloigné et les dispositions à préférer méritent, dès aujourd'hui, de devenir les objets d'une discussion approfondie.

Malgré son succès, l'appareil d'Anderton nous paraît appeler des critiques assez sérieuses. Nous disons son succès, car l'accident qui lui est arrivé est plutôt dû à une imperfection locale qu'à autre chose. Cet accident aurait cependant pu être fort grave et, aujourd'hui encore on a quelque peine à se rendre compte pourquoi la chute du sas, dont la presse s'est rompue, n'a pas été plus rapide et plus violente.

Il semble que l'eau du bief partiel, qui s'est vidé sur le sas descendant, aurait pu incliner ce sas et fausser les guidages en provoquant le coincement. Les colonnes en fonte servant de guides n'auraient sans doute pas résisté à ces effets. Ces suites fâcheuses ont été évitées fort heureusement, mais il suffit d'y réfléchir un instant pour reconnaître le danger, et pour conclure qu'il faut à tout prix l'éviter, si tant est qu'on le puisse.

Cet accident a donc rappelé qu'il y avait dans le système un organe,

1. Voir les comptes rendus de la Société, de la séance du 18 mai 1883.

une pièce très sujette à caution, savoir, le corps de presse en fonte. Dans ce cylindre, la pression est de 36 à 38 atmosphères, c'est-à-dire 360,000 à 380,000 kilogrammes par mètre carré, et c'est sous cette pression que la fonte travaille à l'extension. Le diamètre du corps de presse étant de 970 millimètres environ, on constate que le travail du métal à l'extension est de 2 kil. 5 au moins.

Or, on nous apprend que pour les Fontinettes, le constructeur, M. Clark, a adopté franchement une presse unique de 2 mètres de diamètre. Il l'avait déjà fait dans un projet analogue qu'il a préparé pour la Belgique il y a quelques années, projet que reproduit sans doute celui dont il est question pour le canal de Mons à Charleroi, et où il admettait cependant des pressions aussi fortes que celles d'Anderton. Si l'on cherche quelle est l'épaisseur de fonte qui résulterait de ces dimensions, on trouve qu'il faut de 140 à 180 millimètres d'épaisseur, la fonte travaillant à 2 kilogrammes par millimètre carré! Quelle est la confiance que l'on peut accorder à des épaisseurs semblables de fonte, travaillant à la traction? Nous ne voudrions pas le dire, mais nous refuserions certainement d'en faire l'emploi.

M. Clark, il est vrai, dans le rapport qu'il a rédigé sur l'accident d'Anderton, a rappelé qu'il existait un grand nombre de presses hydrauliques plus épaisses encore et subissant des pressions bien plus fortes. Il nous paraît impossible de comparer, même de loin, des presses hydrauliques proprement dites, de formes bien connues, avec des cylindres de 2 mètres de diamètre, de 15 à 20 mètres de longueur, construits par segments et supportant encore, en outre de leur tension intérieure, une charge verticale assez considérable.

Ces raisons ont certainement été d'un grand poids auprès de M. Duer, lorsqu'il a rédigé l'un des projets pour les Fontinettes [1]. Bien que les cylindres qu'il proposait n'eussent que 800 millimètres de diamètre, il a proposé d'en construire l'enveloppe en tôle d'acier de 25 millimètres d'épaisseur. En faisant ainsi on rencontre, il est vrai, une difficulté consistant dans la disposition des joints rivés. Cette difficulté est loin d'être insurmontable, et il paraît certain que cette matière assure un degré de sécurité de beaucoup supérieur à tout ce que peut donner la fonte [2].

1. Voir le mémoire de M. Duer: *Construction d'un ascenseur hydraulique aux Fontinettes*. Londres, 1880.
2. Voir la note à la fin du mémoire.

Si, pour le corps de presse, l'emploi de la fonte nous paraît absolument condamnable, il n'en est pas de même pour le piston. Et cependant, là encore, il y a lieu de faire quelques réserves. Il faut se souvenir que le sas d'Anderton pèse, tout compris, environ 300 tonneaux, mais que les appareils dont il est question en France, en ce moment, doivent être proportionnés pour des bateaux de ce tonnage, et que les sas capables de les recevoir pèseront au moins 800 tonnes et plus probablement près de 1,000 tonnes. A Anderton, la montée est de 13 mètres, mais on étudie surtout aujourd'hui des appareils ayant une montée de 20 mètres. C'est sur une semblable colonne qu'il faut supporter le poids de 1,000 tonneaux ! Il est bien permis de se demander si aucune tendance à la flexion transversale ne peut se produire, si les extrémités sont si bien guidées ou si bien encastrées que la pression soit toujours dirigée suivant l'axe, et si cette pièce, chargée debout, n'a aucune tendance au flambement. La section circulaire creuse, est bien appropriée à l'effort qu'elle subit, la proportion du diamètre à la longueur l'est encore, mais, malgré soi, on éprouve quelque hésitation, et l'on se demande si aucune inclinaison du sas ne peut provoquer au sommet une flexion qui changera les conditions essentielles du travail de la matière.

Cette question nous amène à nous occuper d'un troisième point fort important et qui prête également, selon nous, à certaines critiques, nous voulons parler du guidage du sas.

A Anderton, ce guidage se fait uniquement par les extrémités de la caisse étanche qui forme le sas mobile. Elle glisse ainsi contre les colonnes en fonte qui forment la charpente principale de l'appareil. Comme on le voit, c'est une pièce horizontale, de 27 mètres de longueur, qui est guidée à chacune de ses extrémités sur une hauteur de $1^{m},50$ environ. Or l'on sait que le guidage d'une pièce longue, dont le mouvement est transversal à sa longueur, est fort défectueux. Un bon guidage doit assurer la direction de points appartenant à la pièce mobile, aussi éloignés que possible l'un de l'autre *dans le sens du mouvement* [1]. C'est ainsi qu'on évite le mieux le coincement. Si à Anderton on assure que le guidage n'a donné lieu à aucun inconvénient, c'est probablement que le jeu est très considérable et que le piston lui-même

1. On admet, en général, qu'il ne faut pas que la longueur guidée soit moindre que $\frac{1}{8}$ de la distance entre les guides.

est bien dirigé. Ce qui le prouve, c'est qu'en maint endroit des rainures de guidage, on aperçoit encore, après dix années de fonctionnement, les traces du rabotage. Ce n'est que lorsque le sas est arrêté en haut, que la disposition de la jonction avec le bief supérieur conduit forcément à un renvoi de sas contre l'une de ses extrémités.

M. Duer avait senti la nécessité d'améliorer ce guidage et il avait, dans son projet des Fontinettes, adopté deux guidages éloignés des extrémités du sas. Ces guidages, formés de glissières en fonte rabotée, dirigés par des rails fixés contre des tours en charpente de fer, devaient avoir $4^m,50$ de longueur, bien que la hauteur du sas ne fût que de $2^m,500$. Les surfaces de frottement étaient éloignées de $3^m,20$, c'est-à-dire que la longueur du guidage était supérieure à sa largeur, ce qui constituait déjà une condition bien plus favorable qu'à Anderton.

Aux Fontinettes chaque sas, d'après M. Harrand, serait guidé aux extrémités et au milieu. Si nous avons bonne mémoire, le premier projet de M. Clark pour cet appareil ne supposait cependant un guidage qu'à l'une des extrémités[1].

Dans l'ascenseur d'Anderton l'une des extrémités du sas mobile est formée par un plan incliné garni de bois. C'est ce plan qui, lorsque le sas est au haut de sa course, vient s'appliquer contre une surface fixe, munie d'un bourrelet de caoutchouc, et procurer ainsi l'étanchéité voulue pour faire la jonction avec le bief supérieur. Or il n'est pas possible que cette pression s'opère sans que le sas soit renvoyé quelque peu vers l'extrémité opposée, par l'effet de la composante horizontale qui se produit. De là un certain effort sur la tête du piston, effort qu'il vaudrait certainement mieux éviter, car à force de se répéter, et malgré le très faible déplacement qui peut se produire, il peut s'ensuivre des dislocations dans l'attache faite, soit par boulons, soit par rivures. comme on sait, c'est à cet effet qu'on a voulu attribuer la rupture de la tête de presse, lors de l'accident auquel il a été fait allusion plusieurs fois. M. Clark a reconnu l'inconvénient, car dans l'ascenseur des Fontinettes le joint doit être fait par un tube en caoutchouc très flexible, lequel, dans son état ordinaire, est aplati sur lui-même. Lorsque le sas se présente et qu'on veut obtenir l'étanchéité, on refoule de l'eau sous pression dans ce tuyau. Il se gonfle, et, en s'appli-

1. La disposition définitivement adoptée, place un guidage au milieu du sas, et un autre à l'extrémité amont.

quant avec force contre la paroi opposée à celle où il est fixé, il forme un joint parfait qui ne laisse point passer d'eau. L'effort qui tend à déplacer le sas est ici évidemment beaucoup moindre que celui qui provenait de la pression contre le plan incliné.

L'emploi du plan incliné a encore un autre désavantage. C'est que le sas, devant forcément s'arrêter toujours au même point, absolument fixe, ne permet aucune variation dans le niveau des biefs devant lesquels il s'arrête. Cet inconvénient est très sérieux pour la plupart des canaux où des variations allant jusqu'à $0^m,50$ sont fréquentes, sans que la navigation soit interrompue. Il ne serait pas facile de prévoir pour le sas lui-même un remplissage variable dans ces mêmes limites, et on a vu que, dans le projet de M. Rozat de Mandres, des déversoirs placés près des ascenseurs doivent assurer au canal un niveau absolument constant; cela pourrait entraîner certains inconvénients.

La grandeur des pressions qui se produisent nécessairement sous un piston unique et le danger inhérent à ce seul organe, pivot de tout le système, a évidemment frappé tout le monde. Non seulement faut-il craindre les imperfections de ce support unique, mais il faut se rappeler que le sas reposant sur un seul pivot, se trouve dans un état d'équilibre instable. Tout commencement d'inclinaison renvoie en effet l'eau contenue dans le sas vers une des extrémités, et ce surplus d'eau tend à augmenter encore, et indéfiniment, le mouvement d'inclinaison.

Le guidage et l'encastrement du sas sur le piston sont les seuls moyens par lesquels on peut s'opposer à ce déversement. C'est peut-être la première critique que l'on retrouve toujours lorsqu'il s'agit de discuter les ascenseurs. Aussi ne faut-il pas s'étonner qu'on ait fait des efforts pour faire disparaître ces inconvénients. On a vu comment, dans le projet des Fontinettes, M. Duer a voulu tourner la difficulté. Au lieu d'un seul piston par sas, il en emploie quatre, couplés deux par deux. Ces pistons sont tous placés dans l'axe longitudinal du sas et sont voisins également deux à deux. Un de chaque paire est en communication avec un autre de la seconde paire et le tuyau de jonction qui les réunit est branché avec celui qui remplit le même rôle de jonctionnement pour l'un des couples du deuxième sas.

M. Duer a ajouté à ces presses ainsi reliées des soupapes de sûreté. Il les place sur des tuyaux de dimensions assez restreintes qui relient

directement les deux presses d'une même paire. Elles sont disposées de manière à permettre le passage d'une faible quantité d'eau de l'une des presses à sa voisine, mais si ce courant devenait plus rapide qu'une certaine limite déterminée d'avance, la soupape se soulèverait, se fermerait et interromprait toute communication entre ces presses voisines. Si donc, dit M. Duer, une rupture ou une fuite accidentelle arrivait à l'une des presses, l'eau s'écoulerait avec une rapidité suffisante pour faire fermer les soupapes. Le sas se trouverait reposer sur deux corps de presse au lieu de quatre, mais aucune chute, aucun accident ne pourrait se produire, sauf le cas où les deux paires de presses appartenant aux systèmes différents, viendraient à se briser à la fois.

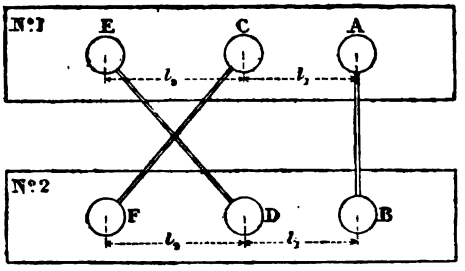
Ce système est assurément ingénieux; il ne nous paraît pas bien satisfaisant toutefois. Tout le fonctionnement repose sur la bonne exécution, le bon entretien de quelques valves de faible dimension et qui doivent fonctionner non pas sous une pression déterminée, mais dès qu'un courant d'une certaine vitesse se produit. L'esprit se reporte involontairement aux reproches que l'on entend si souvent faire à la triple valve du frein Westinghouse, où une mouche ou bien encore un grain de sable malencontreusement introduit suffirait, dit-on, pour en arrêter le fonctionnement. Ici aussi un rien, une impureté de l'eau suffirait pour annuler l'action des valves et rendre illusoire la sécurité qu'elles doivent donner. La crainte, à cet égard, doit être bien plus grande que pour l'introduction dans le grand corps de presse d'une impureté quelconque.

On peut encore, croyons-nous, critiquer le trop grand nombre de pistons et de presses que ce système comporte. Quatre pour chaque sas et quatre pour les accumulateurs, soit douze en tout, sont nécessaires, la moitié d'entre elles toutefois, devant suffire, comme résistance pour le fonctionnement de l'appareil. On regrette évidemment de voir un nombre d'organes double de celui qui serait strictement nécessaire, si les mesures de garantie pouvaient être prises d'une autre manière, et il faut reconnaître que doubler les organes c'est en même temps doubler le risque que l'un deux ne subisse une avarie.

Il semble que ce même résultat qu'a poursuivi M. Duer, d'assurer le guidage parfaitement vertical des sas, eût été atteint d'une manière plus simple. Supposons en effet que chacun des deux sas repose sur trois pistons de même diamètre, mais que ces trois pistons soient

reliés avec ceux du sas voisin d'une façon particulière. Les presses A et B, placées aux extrémités correspondantes des sas sont en communication. La presse C, au milieu du sas n° 1, communique avec F, placée à l'extrémité du sas n° 2. De même, la presse E, placée au bout du sas n° 1 communique avec D au milieu du sas n° 2. La transmission de l'eau sous pression se fait donc en croix entre les presses C et F puis E et D. On verra, en examinant cette disposition, qu'elle prévient toute dénivellation des sas et tout écart d'avec la position réciproque qu'ils ont en un moment quelconque.

Supposons-les en effet de niveau, au repos ou en mouvement. Les



pistons A et B sont dans leur état normal et nous pouvons supposer qu'ils restent fixes pendant que se passera ce que nous allons décrire. Supposons que le sas n° 1 tende à s'incliner, le point C s'abaissant d'une hauteur a au-dessous de A. Si l_1 et l_2 sont les distances entre les pistons, (qui peuvent être égales ou non), le point E devra, le sas étant rigide, descendre davantage, d'une quantité mesurée par $a\frac{l_1+l_2}{l_1}$.

Mais les pistons étant nécessairement égaux, l'eau qui se sera écoulée de la presse C, sous l'effet de cet abaissement, aura passé en F et le point F du 2e sas aura monté d'une hauteur a. Le point B étant fixe, le point D se sera, pendant ce temps, et par l'effet du déplacement de F, élevé de $a\frac{l_1}{l_1+l_2}$. Or ce point F ne peut s'être élevé que de la quantité dont le point E du sas n° 1 se sera abaissé, l'eau devant passer de la presse E à la presse F. Il faut donc, de toute nécessité, que les deux expressions $a\frac{l_1+l_2}{l_1}$ et $a\frac{l_1}{l_1+l_2}$ soient égales, ce qui ne peut avoir lieu que lorsque $a=o$. C'est dire que tout déplacement de l'un quel-

conque des points de support par rapport aux autres du même sas devient impossible. Une fois le sas réglé horizontalement, il persiste dans cette position, à la seule condition que les volumes d'eau qui passent d'une presse à l'autre soient égaux, c'est-à-dire que les pistons eux-mêmes ait une parfaite égalité.

Cette solution nous paraît parfaitement rationnelle et économique. Elle permet l'emploi de six corps de presses sous les sas, de dimensions modérées et d'une seule presse pour l'accumulateur. Elle n'offre pas, il est vrai, un deuxième système de support en cas de rupture de l'un des pistons, mais il serait aisé de faire voir qu'un piston pourrait à la rigueur se briser sans accident, les sas eux-mêmes étant le plus souvent par leur construction même en état de se porter sur 2 pistons au lieu de 3. Si cela n'était pas, rien ne serait plus facile que de les proportionner de façon à le devenir sans grands frais.

Il nous reste à signaler un dernier désavantage inhérent au système des ascenseurs construits sur le principe de la balance hydraulique. C'est que ce principe même nécessite l'emploi simultané de deux appareils, dont l'un descend quand l'autre monte. On se prend à regretter qu'il faille toujours faire une dépense double de celle qui paraît nécessaire. Cette impression devient plus vive, quand on remarque combien il faut peu de chose pour immobiliser les deux appareils à la fois. En cas d'avarie ou de réparation courantes à l'un des sas, l'autre ne peut servir, et pour se prémunir contre cette éventualité, on a été jusqu'à proposer l'établissement d'un troisième piston, avec un faux sas, un accumulateur en somme, qui pourrait prendre accidentellement la place de celui des sas qui serait avarié. On arrive ainsi à faire trois appareils complets là où un seul devrait pouvoir suffire. On a, il est vrai, la faculté de faire une manœuvre double à chaque coup, mais cette faculté est peu avantageuse. On sait en effet que dans les canaux les bateaux arrivent volontiers par files. On ne peut pas supposer que le trafic soit assez régulier pour qu'en général les bateaux se présentent simultanément haut et bas pour profiter d'une même manœuvre. Et dans les canaux où cela arriverait, il est vraisemblable qu'à l'entrée et à la sortie des sas l'encombrement serait tel que le croisement des bateaux, qui devraient entrer dans l'appareil, tantôt à droite, tantôt à gauche, créerait des difficultés sérieuses. Peu de canaux sont assez fréquentés pour que cet encombrement soit probable, et ceux, à fortes dénivellations surtout, qu'il s'agit de créer dans différents pays,

paraissent moins encore avoir un avenir suffisant pour qu'il soit à craindre.

Dans le système décrit par M. Harrand, la disposition en double de l'appareil est ingénieusement mise à profit pour racheter une chute double. Faut-il espérer que le terrain se prêtera facilement à des chutes de 30 ou de 40 mètres, dans beaucoup de cas ? Cela paraît peu probable, car, en général, l'établissement d'ascenseurs pour 20 mètres conduit déjà à des terrassements ou à des aqueducs d'une certaine importance. On prévoit, il est vrai, que les deux moitiés d'un même appareil pourront être établies à une certaine distance l'une de l'autre, un garage pouvant même être intercalé entre eux. Théoriquement, cette disposition paraît irréprochable, mais l'expérience montrerait, croyons-nous, d'assez grands inconvénients. Il est nécessaire, pour la sécurité et la promptitude du service, de pouvoir placer l'ensemble de l'appareil bien sous l'œil du mécanicien dirigeant. Aucun appareil de précaution ou d'enclenchement ne suppléera jamais à la surveillance directe et facile du préposé aux manœuvres, et ce serait, selon nous, une grande faute d'éloigner l'un de l'autre les deux moitiés d'une installation aussi importante. Déjà les 40 mètres de différence de niveau qui sépareraient les deux biefs seraient une difficulté : il conviendrait de ne pas l'augmenter en allongeant la différence horizontale entre eux.

II

Si donc il était permis, après ce qui précède, de formuler un desideratum, un programme pour la construction d'un ascenseur destiné à des bateaux de fort tonnage, voici ce que nous demanderions :

1° Que le sas ne fût pas supporté en un point unique, mais que plusieurs points de support existent de façon que, si l'un venait à subir une avarie, il s'en trouve d'autres qui le remplacent ;

2° Que les pressions considérables qui existent en général dans les presses fussent réduites ;

3° Qu'en tous cas l'emploi de la fonte travaillant à la tension fût absolument proscrit ;

4° Que le guidage fût amélioré en donnant aux parties guidées une hauteur aussi grande que possible dans le sens du mouvement ;

5° Que le sas pût être arrêté en des points variables de manière à suivre les variations de niveau accidentelles des deux biefs d'amont et d'aval ;

6° Que chacun des sas pût fonctionner indépendamment de l'autre, afin de prévoir les cas d'avarie, et pour ne pas entraîner le chômage du canal entier. Si possible, cette indépendance devrait être permanente sur les canaux à fort trafic, ce qui conduirait naturellement à la possibilité d'établir des appareils à un seul sas, là où la navigation ne serait encore que de faible importance.

III

C'est un problème ainsi posé que nous avons essayé de résoudre, il y a un peu temps déjà, par la rédaction d'un projet que représentent les figures ci-jointes (Pl. 62). Nous allons le décrire sommairement dans ce qui va suivre.

L'appareil se compose, comme tous ceux décrits jusqu'à aujourd'hui, d'un sas mobile, rempli d'eau, dans lequel entre le bateau. Mais ce sas est supporté non plus par un piston central unique, mais encore par quatre tours en charpente métallique, placées symétriquement par rapport à son axe vertical. Ces tours reposent chacune sur un grand flotteur, de forme cylindro-conique, qui se meut verticalement dans un puits rempli d'eau et où il reste ordinairement immergé.

L'ensemble du poids de l'appareil ainsi constitué est constamment en équilibre, avec un léger excédent de charge sur la poussée de l'eau, excédent que l'on établit à volonté au chiffre que l'on voudra. C'est cet excédent de poids qu'il s'agira de vaincre pour produire le mouvement de bas en haut. C'est lui qui produira au contraire le mouvement descensionnel, lorsqu'il ne rencontrera aucune résistance additionnelle.

En vue de produire l'effort moteur nécessaire, il se trouve, au centre de figure de l'appareil, un piston analogue à celui d'Anderton, mais dont la fonction est essentiellement différente. Le diamètre de ce piston est de $1^{m},15$, et loin de supporter des pressions de 30 ou de 40 atmosphères, il fonctionne sous une pression de 5 à 6 fois moindre. Il en résulte que le piston, aussi bien que le corps de presse, ne sont plus

que des organes faciles à construire, comme on en fait tous les jours, et qui n'offrent aucune difficulté ni aucun danger particulier.

De même les pressions nécessaires pour faire fonctionner l'appareil sont produites très simplement, sans l'emploi d'accumulateurs. Un simple réservoir placé à la hauteur voulue donne la charge suffisante dans le corps de presse. Ce réservoir peut être alimenté de la façon ordinaire par une machine élévatoire mue, soit par une machine à vapeur, soit par la chute d'eau qui existe dans le canal, si celui-ci a une suffisance d'eau.

La combinaison des flotteurs et de la presse a un avantage particulier, en ce que l'un sert de frein à l'autre. Le mouvement se faisant au moyen de l'admission de l'eau sous charge dans la presse, ou bien par la sortie de celle qui s'y trouve, il suffira de fermer entièrement ou partiellement les valves qui livrent passage à l'eau pour que le mouvement s'arrête ou se régularise. De même on peut à un instant quelconque reprendre un mouvement interrompu, ou bien le changer de sens, sans autre manœuvre que celle des valves. Il n'en est pas de même à Anderton. Tout mouvement commencé peut, à la rigueur, être arrêté et repris, mais on ne peut faire revenir en arrière le sas, une fois la descente commencée, si ce n'est en faisant intervenir l'accumulateur qui épuiserait rapidement sa puissance et qui mettrait un temps considérable à faire parcourir à lui seul la hauteur totale de l'ascension.

Le principal avantage toutefois paraît résider dans la sécurité qu'offre l'emploi des flotteurs. Supposant que l'un des organes principaux vienne à refuser son service par suite d'avarie, le piston, la presse ou encore l'un des flotteurs, les autres seraient toujours là pour servir de régulateur et pour modérer le mouvement accidentel qui se produirait. On ne conçoit plus guère qu'un accident assez étendu puisse se produire pour causer une chute rapide de l'appareil, vu le nombre multiple des parties dont cela suppose la fracture simultanée.

Le guidage de l'appareil ainsi construit se trouvera dans des conditions fort avantageuses. Ce ne sera pas uniquement le sas qui sera guidé, mais chaque flotteur porte à sa base des galets de guidage qui le maintiennent dans l'axe voulu. Ce guidage se fait donc aux deux extrémités d'une pièce qui a 36 mètres de longueur, le mouvement se faisant dans le sens des extrémités d'où cette distance est mesurée. Nous avons fait remarquer plus haut que cette disposition d'un guide était la plus avantageuse qu'on pût désirer

Comme on le voit, cette disposition répond à la demande de pouvoir faire un seul ascenseur au lieu de deux appareils conjugués. La liaison de deux sas n'a plus aucun intérêt, et si le trafic exige qu'on en établisse deux, leur capacité de passages sera bien supérieure à celle d'un appareil où les deux sas sont dépendants l'un de l'autre. L'utilisation complète d'un ascenseur double dépend de la régularité mathématique avec laquelle se feraient l'entrée et la sortie des bateaux, régularité qu'il serait impossible d'obtenir en pratique. On pourra objecter qu'avec un seul sas les réparations nécessaires à tout appareil mécanique peuvent menacer d'interruption le trafic du canal tout entier. Mais les petites réparations d'entretien courant se feront aisément pendant la nuit, et, quant aux grandes, il est vraisemblable que le chômage annuel des canaux pour le curage serait bien plus que suffisant pour donner tout le temps nécessaire à cet effet. Dans tous les cas, les conditions seraient au moins aussi avantageuses que pour un appareil du système d'Anderton, où une avarie à l'accumulateur aurait exactement les mêmes conséquences.

Il est facile de voir qu'une autre condition que nous avons indiquée plus haut trouve également sa réalisation ici. L'eau peut varier de niveau dans les deux biefs d'amont et d'aval, sans que la marche de l'appareil en soit changée. Il est aisé d'établir des repères au moyen de contacts électriques, qui renseigneront d'une façon fort exacte le mécanicien quand les positions voulues seront atteintes, et le sas peut s'arrêter à n'importe quel niveau correspondant à celui auquel se trouve l'eau des biefs au moment de la manœuvre. Cette variabilité n'a qu'une limite qui est celle des dimensions de la tête du sas contre laquelle doit s'appliquer la fermeture hydraulique qui permet l'ouverture des portes de sortie. Il est facile en tout cas de prévoir une variation de $0^m,50$ à $0^m,60$ dans chacun de biefs fixés.

Ces observations générales faites à l'égard des points particuliers du système, nous allons donner quelques détails sommaires sur les différentes parties.

A. **Sas mobile**. — Le sas qui reçoit les bateaux est de forme rectangulaire et formé de deux poutres verticales qui laissent entre elles la largeur maxima des bateaux, plus 1 mètre pour éviter les remous nuisibles lors de l'entrée des bateaux. La forme des poutres est en double T, leur hauteur étant de $2^m,45$. Les parois des poutres sont

constituées par des montants auxquels sont rivées des tôles bombées, mieux faites pour résister à un choc accidentel que ne le sont des tôles plates. Leur convexité est tournée vers l'intérieur. Au-dessus de la ligne de flottaison, une forte pièce en bois les protège contre le choc des bateaux.

Les parois sont reliées par des entretoises placées de mètre en mètre, qui ont la forme d'un U. La branche horizontale de cet U est la partie la plus forte, surtout les angles, ces parties subissant le plus grand moment fléchissant qui tend à les ouvrir sous la pression de l'eau. Des longerons réunissent les entretoises, et, sur le grillage ainsi formé, des tôles bombées forment le fond du sas. Des longrines en bois fixées aux longerons protègent le métal contre le frottement des quilles ou fond des bateaux.

La fermeture des extrémités se fait par des portes tournant autour d'un axe horizontal. Constituées par des caisses étanches, elles sont partiellement équilibrées pour en faciliter la manœuvre qui se fait par des chaînes actionnées par de petits treuils spéciaux. Lorsqu'elles sont rabattues, elles se logent dans des dépressions placées plus bas que le fond du sas, pour permettre aux bateaux de passer au-dessus d'elles. Lorsqu'elles sont relevées, elles appuient contre une feuillure garnie de caoutchouc pour assurer l'étanchéité.

Comme on le voit, cette disposition permet aux bateaux de toute hauteur d'entrer dans le sas. A Anderton les portes se lèvent, laissant passer sous elles le bateau qui entre. La hauteur maxima que peuvent avoir des bateaux au-dessus de l'eau est donc faible, et il est impossible d'y recevoir des bateaux de foin, de bois, ou ceux qui ont des mâts. Cet inconvénient n'existe plus ici.

Les têtes du sas sont planes à l'extérieur et garnies de bois. Ce bois sert à recevoir l'application du bourrelet d'étanchement, lorsque le sas est fixe.

Près des extrémités du sas et à l'extérieur, se trouvent les appareils de guidage. Ils sont formés, non plus de glissières, mais d'un système de trois galets, montés sur un bâtis en fonte, lequel est fixé entre deux entretoises voisines du sas. Les galets constituent un guidage analogue à celui d'un gazomètre, dont la précision peut être rendue bien suffisante, le support étant une pièce en tôlerie aussi rigide que l'est la charpente du sas. Il est inutile de constituer en ce point un guidage d'une grande hauteur, la deuxième partie guidée se trouvant

comme nous l'avons déjà indiqué, 36 mètres plus bas au pied des flotteurs.

Les galets roulent sur une poutre en forme de caisson solidement ancrée aux tours en maçonnerie.

B. **Tours supportant le sas.** — Les poutres du sas sont supportées en quatre points par les tours en charpente. La distribution de ces supports est telle que sous la charge d'eau du sas, la flexion des poutres soit aussi faible que possible, afin d'approcher par la théorie aussi près que l'on pourra de la verticalité des tours et de l'horizontalité du sas.

Chaque tour est composée de 4 montants dont deux se trouvent dans la verticale des poutres et les deux autres dans l'axe du sas. Le poids est donc en réalité porté par deux montants sur quatre. Les deux autres ont pour fonction d'encastrer en quelque sorte le sas avec les tourelles, afin de prévenir toute inclinaison. Si une tendance quelconque à l'inclinaison se produisait, l'encastrement en question en transmettrait les effets au flotteur et les guides placés au bas de ceux-ci s'y opposeraient. La résistance à l'inclinaison serait fort efficace, en raison de la longueur du bras de levier au bout duquel ils agissent. De là un certain effort de flexion dans l'assemblage du sas avec les tourelles, effort qui sera d'autant mieux combattu que l'attache est plus large. La diagonale du carré donne évidemment le meilleur résultat sous ce rapport, la dimension en plan des tourelles étant limitée.

Nous n'entrerons pas dans le détail de la construction de ces tours; elles sont contreventées dans tous les sens, mais tout particulièrement dans leurs deux plans diamétraux. Elles sont calculées avec soin pour ne pas contenir de matière inutile, le poids qu'elles perdent ou gagnent par leur entrée ou sortie de l'eau étant un élément assez important dans l'équilibre de l'ensemble, lorsqu'il est en mouvement.

C. **Flotteurs.** — Les flotteurs sont de forme cylindrique, terminés haut et bas par des cônes très applatis. Leur ossature est formée d'une série d'anneaux en tôlerie, destinés à résister aux pressions extérieures. Ils ont en section une forme de double T, dont les membrures sont formées de 4 cornières, et l'âme, d'un treillis également en cornières. Sur le pourtour extérieur est fixée en outre une tôle qui dessine la forme du cylindre et qui forme la semelle du double T. Sur ces

tôles est rivé le bordé étanche du flotteur, lequel consiste en tôles embouties généralement connues aujourd'hui sous le nom de tôles bombées. Cette forme est la mieux appropriée de toutes pour résister aux pressions qui se produisent et qui peuvent aller jusqu'à 30,000 kilogrammes par mètre carré.

Les anneaux sont reliés entre eux par des montants, au nombre de 16. Ils portent des portions de semelles extérieures sur lesquelles se font les joints verticaux des tôles bombées. Ils correspondent aux 16 poutres rayonnantes qui supportent les calottes coniques des extrémités. Ces poutres sont assemblées avec un anneau central et le tout est construit de telle façon qu'il puissent résister sans déformation aux pressions variables qui résultent de l'immersion plus ou moins profonde du flotteur.

Un trou d'homme placé sur la calotte conique supérieure permet la visite à l'intérieur. Il correspond à une échelle qui va du haut au bas.

Pour assurer la vacuité du flotteur, dans le cas où il se produirait accidentellement des infiltrations, un pulsomètre se trouve placé à la partie inférieure. La vapeur y serait amenée d'une petite chaudière locomobile qui peut être placée là où viendrait aboutir le tuyau qui descend dans le flotteur jusqu'à l'appareil d'épuisement. Il est évident que si l'on voulait éviter d'employer de la vapeur, une pompe mue par de l'air comprimé pourrait être tout aussi facilement installée.

Au bas du flotteur, en quatre points du pourtour, se trouvent les galets de guidage. Ces galets légèrement bombés roulent contre des rails en fer plat simplement fixés aux parois des puits. Deux des galets sont dans le plan longitudinal du sas, les deux autres dans un plan à angle droit.

D. **Puits.** — Les flotteurs se meuvent verticalement dans des puits maçonnés ou cuvelés, remplis d'eau. Ces puits ont deux sections différentes. La première, à la partie supérieure, laisse autour du flotteur un espace libre de 1 mètre environ de largeur. Sa profondeur est un peu supérieure à celle du flotteur. La deuxième qui commence au bas de la première, ne laisse autour du flotteur qu'un espace de $0^{m},35$ environ, et sa profondeur est à peu près égale à la course que doit avoir l'appareil. La partie inférieure se termine par une surface conique creuse correspondant à peu près à celle du dessous du flotteur.

Les parois des puits reçoivent les guidages des galets fixés au bas des flotteurs. Au-dessus du ressaut des puits, des massifs spéciaux servent à fixer les guidages.

On comprend quelle est la raison d'être de cette forme de puits. Il est inutile pour le mouvement que l'espace autour des flotteurs ait plus de $0^m,30$ à $0^m,35$. Mais cet espace ne suffirait pas pour permettre à un homme d'y descendre pour faire la visite et au besoin les réparations. Un mètre de largeur suffit au contraire largement à cet effet et c'est pourquoi la partie supérieure est ainsi élargie. Lorsque le sas est au haut de sa course, on peut, au moyen de poutres spéciales passées dans les tours, empêcher qu'il ne redescende. Ce calage opéré, on épuisera l'eau des puits, et le pourtour des flotteurs, de même que tout l'intérieur des puits deviendra aisément accessible.

Les deux puits les plus rapprochés du centre ont leur maçonnerie réunie par celle du puits de la presse hydraulique dont il sera question plus loin.

E. **Cales.** — Les puits débouchent au fond d'une cale sèche dans laquelle se loge le sas, lorsqu'il est au bas de sa course. Elle est en maçonnerie, le fond étant constitué par un lit de béton. Elle est drainée et asséchée de façon que l'eau ait toujours son niveau au sommet des puits où plongent les flotteurs. Ce niveau est tel que lorsque le sas est à sa position la plus élevée, les flotteurs sont sur le point d'émerger. Si donc, pour une cause quelconque, le sas tendait à dépasser cette élévation maxima, les flotteurs émergeraient immédiatement. Le plan d'eau baisserait par conséquent rapidement dans l'espace annulaire qui entoure le flotteur et qui est plus petit que la section de celui-ci. Il en résulterait que l'équilibre serait immédiatement rompu, le poids serait de suite bien supérieur au déplacement des flotteurs, et le mouvement se trouverait par conséquent arrêté. On voit qu'il est impossible que le sas puisse s'emporter vers le haut, au delà de sa position limite; si accidentellement le sas se vidait, le tout ne s'élèverait pas encore d'une manière dangereuse.

Une cause accidentelle tendrait-elle à le faire tomber, que les flotteurs toucheraient le fond des puits, avant que le sas n'ait touché le fond du radier. Il se produirait alors au dernier moment de la descente un laminage de l'eau sous les flotteurs arrivant au bas de leur course, qui rendrait impossible un choc violent. Remarquons d'ail-

leurs qu'il est impossible d'ores et déjà que la vitesse des flotteurs dans l'eau devienne assez violente pour faire naître une crainte quelconque de ce chef.

L'extrémité de la cale se raccorde avec le bief inférieur du canal par le moyen d'un sommier en fonte, dont est garnie l'ouverture. Ce sommier devant lequel se présente le sas, lorsqu'il arrive au bout de sa course, est creux, et il donne passage à l'eau qui vient remplir l'espace entre les deux poutres, avant que celles-ci ne soient rabattues. Du côté du bief, il porte le rebord contre lequel s'appuie le caoutchouc de la porte fixe, lorsqu'elle est fermée. Cette porte tourne autour d'un axe placé à sa base et dont les paliers sont fixés au même sommier.

L'autre extrémité de la cale est fermée par un mur vertical.

F. **Tours, Guidages.** — La cale sèche se termine vers l'aval par deux tours en maçonnerie qui servent de support aux passerelles de communication, et d'appui aux guidages des sas.

La tête amont de la cale est formée par la culée. Celle-ci comprend, en gros, deux tours latérales réunies par une voûte prolongée vers l'arrière sous l'arrivée du bief supérieur. L'un des massifs latéraux porte la cabine de manœuvre d'où le mécanicien domine et surveille l'appareil et son fonctionnement.

Les deux tours d'aval sont chacune reliées à la tour d'amont du même côté par une passerelle en fer. Elles sont de même reliées entre elles, uniquement dans un but de communication, mais non pour que le halage des bateaux s'y fasse.

Les appareils de halage mécanique, s'il doit se faire, se placeront sur les tours d'amont. Mais il nous paraît bien suffisant de se servir des câbles ordinaires de halage, s'ils sont tirés par des chevaux. Lorsque le bateau se présente à l'entrée, on peut en effet passer ce câble autour d'une poulie de retour fixe et permettre au cheval de tirer en marchant en sens inverse du bateau. Pour qu'il puisse tirer jusqu'au bout, il suffit que le câble soit amarré à l'arrière du bateau, ce qui serait mauvais en marche ordinaire, mais ce qui accidentellement, ici, ne peut avoir aucun inconvénient. Il ne faut d'ailleurs pas que le halage se fasse jusqu'au moment où le bateau est entièrement entré dans le sas, car en ce moment son aire doit être amortie pour ne pas risquer un choc contre les portes du sas.

Les guidages sont formés de montants robustes en fer, en forme

de caisson, dont l'ouverture est appliquée contre la maçonnerie. Les trois faces de cet U servent au roulement des galets, auxquels on peut donner assez peu de jeu pour que le mouvement du sas se fasse avec une douceur parfaite.

Lorsque le sas se présente à sa partie supérieure, son extrémité se trouve en face d'un sommier en fonte qui termine le bief supérieur, comme nous l'avons déjà vu pour le bief du bas.

L'une des tours d'amont contient un puits vertical sous la cabine du mécanicien. Ce puits contient une tour centrale qui sert de support aux tiges de manœuvre et aux tuyaux de distribution de l'eau. Elle sert en même temps de noyau à un escalier tournant qui permet la communication facile entre la cabine et la galerie des soupapes. Cette dernière court sous l'un des bajoyers de la cale et contient toute la distribution de l'eau.

G. **Piston moteur**. — Nous avons dit que les tours en charpente supportaient la presque totalité du poids du sas. Une faible partie toutefois en est supportée par un organe central. Il sert, nous l'avons déjà dit, à provoquer le mouvement d'ascension et de descente.

Cet organe est un piston de presse, de $1^m,15$ de diamètre (ce diamètre pouvant varier pour différentes raisons). Il est formé d'anneaux superposés en fonte, et se termine par une tête spéciale à laquelle s'assemblent deux des entretoises voisines du sas, convenablement renforcées pour transmettre aux poutres les efforts qui se produisent.

Ce piston se meut dans un cylindre ou corps de presse en tôle aussi long qu'il convient pour sa course. Les couvre-joints assez épais de ces tôles sont à l'intérieur et forment des saillies qui recevraient le frottement de la tête ogivale du piston, si celui-ci venait à dévier de sa course. L'espace entre piston et enveloppe est en effet faible, afin de réduire autant que possible le diamètre du corps de presse.

Le cylindre en tôle se termine à sa partie inférieure par une calotte emboutie, comme un fond de chaudière à vapeur. Cette calotte repose sur un lit de béton formant le fond d'un puits cylindrique spécial. Autour du cylindre existe un espace de $0^m,400$ environ, qui permet de descendre et de visiter la presse extérieurement dans toutes ses parties.

A sa partie supérieure, le cylindre est entouré de consoles qui reposent sur la maçonnerie. Elles sont réunies circulairement par un anneau en tôle suffisamment haut pour que, au cas où l'eau déborderait dans la cale sèche, la tête du piston se trouverait encore à l'abri.

Au-dessus de l'anneau d'appui ainsi constitué, se trouve le presse-étoupe du piston. Il se trouve, par la disposition même, complètement à découvert, visible, et accessible pour la visite et l'entretien. Il est fait comme celui d'une presse hydraulique ordinaire, au moyen d'un cuir embouti. On évite ainsi les frottements inutilement grands d'un presse-étoupe à serrage. La pression d'eau étant ici modérée et ne dépassant pas six atmosphères, ce joint est parfaitement suffisant. Si l'expérience montrait que, pour une raison quelconque, il y eut lieu de revenir au stuffing-box, rien ne serait plus facile et, en tout état de cause, les pertes par frottement dans cet organe seraient infiniment moindres que s'il y avait lieu de prévoir des pressions de 28 ou 30 atmosphères.

L'intérieur du piston est également accessible pour la visite. La tête en est munie d'un trou d'homme facile à ouvrir. Une disposition spéciale du fond du sas permet d'y arriver.

Il se peut qu'il se produise au fond du cylindre de presse des dépots de vase ou de sable, l'eau étant toujours en repos dans cette partie inférieure. Malgré tous les soins, à la longue il y a lieu de craindre ce dépôt et il peut devenir dangereux, si on lui laissait prendre une certaine consistance. Pour chasser ces amas sans vider la presse, un petit tuyau passe à travers l'intérieur du piston, débouchant au-dessous de son fond et se rendant au dehors à travers la tête du piston. En cet endroit se trouve un robinet de barrage. Il suffira, lorsque le piston sera à fond de course, d'ouvrir ce robinet pour établir un courant violent à travers le tuyau qui entraînera la vase qui existe au fond, dans le voisinage de l'orifice, et le nettoiera ainsi de tous les dépôts accumulés.

H. **Force motrice.** — La seule force motrice nécessaire dans cet appareil est celle qui doit agir sous le piston moteur pour le soulever, et celle qui est nécessaire pour gonfler les bourrelets d'étanchement. Accidentellement on aura besoin d'un peu de force pour épuiser les infiltrations dans les flotteurs, les fuites et les pertes d'eau de la cale sèche.

On établit aisément par le calcul quels sont les frottements à vaincre, et quelle est la puissance nécessaire pour donner au sas une vitesse ascensionnelle convenable de 8 à 10 centimètres par seconde, au maximum. On reconnaît alors qu'il suffit d'un réservoir placé à 20 ou 25 mètres au-dessus du bief d'amont pour produire, sous le piston, la force voulue. Chaque course du sas consommera ainsi 21 à 22 mètres cubes d'eau venant de ce réservoir, et pendant la course descensionnelle, il ne s'en consommera point. En admettant qu'on fasse, en moyenne, une opération simple par demi-heure, la consommation d'eau, toutes pertes comprises, peut être estimée, au maximum, à 15 mètres cubes par heure, lesquels, puisés dans le bief amont et refoulés dans le réservoir supérieur, demandent toute la force motrice qu'il y ait lieu de prévoir. Cela représente une pompe à vapeur de la force de trois chevaux, et si l'alimentation du bief supérieur est assez abondante, rien ne serait plus aisé que de lui emprunter l'eau nécessaire pour faire mouvoir une turbine produisant le même effet.

La distribution de l'eau aux soupapes se fait par une tuyauterie en fonte extrêmement simple. La conduite principale, qui, du réservoir descend au piston, se trouve placée sous le chemin de halage, après avoir passé par le puits sous la cabane du mécanicien. La soupape d'admission se trouve placée au bas du même puits, d'où elle est manœuvrée par une tige verticale aboutissant dans la cabine.

Cette soupape, de même que la soupape de sortie de l'eau, doit être appropriée au passage rapide d'un grand volume d'eau. A cet effet, elle est sous la dépendance d'un piston différentiel dont le mouvement la gouverne. Ce piston est lui-même mis en mouvement par une distribution à tiroir mue directement par le mécanicien. Au moyen de ces dispositions, c'est l'eau sous pression qui maintient toujours fermées les soupapes, ce qui constitue une garantie de fermeture automatique, laquelle n'est suspendue que par une manœuvre positive et volontaire du mécanicien.

L'évacuation de l'eau se fait tout naturellement dans le bief d'aval.

I. **Appareils de sûreté.** — Les limites de cette note ne permettent pas d'entrer dans tout le détail des appareils de sûreté. Nous les indiquons donc seulement ici.

Ce qu'il est nécessaire d'obtenir, c'est que le sas, se trouvant en communication avec l'un ou l'autre bief, ne puisse se mettre en mou-

vement, avant que les portes de communication ne soient fermées, que l'eau comprise entre elles ne soit évacuée, et que les tuyaux d'étanchement ne soient vidés. Pour assurer ce résultat, il suffit que les leviers de manœuvre soient enclenchés de façon à exiger que leurs déplacements se fassent dans un ordre voulu, et que ces enclenchements soient reliés aux axes des portes.

Ces desiderata trouvent facilement une réalisation pratique. On les complétera par une disposition additionnelle qui laisserait échapper l'eau sous le piston, dès qu'il monterait trop haut, ou qui fermerait l'admission de l'eau, s'il tendait à descendre trop bas. Ces combinaisons de taquets, de tiges et de soupapes sont trop simples pour que nous nous y arrêtions ici.

Nous avons décrit sommairement un appareil, qui donne, à notre avis, satisfaction aux exigences que nous avons cru pouvoir formuler, à la suite des critiques que méritent les appareils aujourd'hui connus ou projetés. Le point de vue dominant, et la principale préoccupation ont été, on le voit aisement, la sécurité de la construction. Nous avons eu occasion de le dire, le succès de l'appareil d'Anderton ne nous paraît pas devoir faire illusion sur les dangers qu'il présente. Toute amplification du système nous paraît encore augmenter ces dangers. Or on ne parle aujourd'hui que d'appareils qui entraînent des dimensions, des volumes, des poids doubles et triples de ceux de ce premier essai. Nous ne doutons pas que les constructeurs fort habiles qui s'en occupent, ne mettent tous leurs soins à prévenir les dangers connus ou inconnus, mais, nous le répétons, l'ensemble même de l'appareil nous laisse des doutes, et nous croyons qu'il y a lieu de chercher mieux.

Il nous paraît que le système décrit ci-dessus donne satisfaction aussi à d'autres exigences. La douceur de marche, la puissance de contrôle de tous les mouvements, la facilité de visite et d'entretien et enfin l'économie de la construction ne nous paraissent pas manquer d'intérêt, et nous ne doutons pas qu'ils ne se réalisent à coup sûr.

Nous nous attendons à la critique de ce système sur un point spécial, la construction des puits nécessaires au mouvement des flot-

teurs. On ne connaît qu'un nombre extrêmement limité d'exemples de puits de ces dimensions et surtout de cette forme, et on peut éprouver une certaine hésitation devant la juxtaposition de quatre puits semblables dont le fond se trouvera à quelque chose comme 37 mètres plus bas que la cale sèche.

Ces constructions n'ont cependant rien de particulièrement difficile ou de dangereux. Si elles doivent être faites dans de la roche solide, nous ne voyons pas où l'on trouverait matière à crainte. Si l'on a affaire à des terrains mobiles, glissants ou autrement mauvais, n'est-il pas à supposer encore que la difficulté sera moindre que celle du percement d'un tunnel horizontal à grande section, et que le fait de se trouver toujours dans la masse du terrain, qui devient presque toujours plus ferme en descendant, doit écarter les craintes? Au surplus, depuis longtemps l'expérience d'un semblable travail a été faite, et dans les plus mauvaises conditions. Pour percer le tunnel sous la Tamise, l'éminent ingénieur sir Isambart Brunel a descendu, à travers la vase et les alluvions de la rivière, deux puits maçonnés de 12^{m},25 de diamètre. C'était l'enfance de l'art en 1825. Et cependant la réussite a été complète. Cette première expérience, à prix d'argent, il est vrai, a démontré qu'on pouvait sans peine foncer avec succès des puits verticaux à grand diamètre dans les terrains les plus mauvais. Ne faut-il pas espérer qu'après soixante ans et avec tous les progrès accomplis depuis lors dans l'art des fondations, des puits semblables seront, sinon un jeu, au moins relativement faciles? Quant à leur existence, elle est assurée mieux que celle d'un tunnel, puisque les pressions intérieures et extérieures sont bien près de se faire équilibre, ce qui n'est pas le cas ordinaire. Nous invoquons du reste, en faveur de la possibilité de construction et d'emploi de ces puits, l'autorité d'un de nos maîtres les plus vénérés, qui vient de nous quitter, M. Burat. Il n'hésita pas, la question lui étant soumise, à nous déclarer qu'il ne voyait vraiment pas sur quoi on pouvait baser contre eux une objection sérieuse.

D'autres objections encore peuvent être faites. La plupart d'entre elles peuvent être combattues et résolues par le calcul. Nous croyons que l'appareil, construit sur les données que nous avons décrites, aura un fonctionnement facile, un entretien peu coûteux, et une dépense de premier établissement aussi bien que d'exploitation fort modérée.

NOTE (p. 2)

Au moment où cette discussion avait lieu à la Société des Ingénieurs civils, on procédait aux essais des cylindres de presse destinés à l'ascenseur des Fontinettes. Les résultats en ont été assez importants pour que nous les consignions ici.

Les pièces essayées étaient des viroles de $2^{m},04$ de diamètre intérieur, et de 2 mètres de hauteur. L'épaisseur du métal était de 50 millimètres. Reculant devant l'emploi de la fonte, l'administration avait décidé de les faire en acier coulé « dit sans soufflures. » Le cahier des charges portait ce qui suit : « Pour les essais la charge de rupture moyenne par millimètre carré ne devra pas être inférieure à 50 kilogrammes et l'allongement moyen ne devra pas être moindre de 8 pour 100 de la longueur primitive. En outre aucun des barreaux d'essai (du type de l'artillerie) ne devra se rompre sous une charge inférieure à 48 kilogrammes et donner un allongement plus petit que 7 pour 100. Quand les conditions qui précèdent auront été remplies, l'anneau sera essayé à la pression jusqu'à 45 atmosphères. Cette pression sera maintenue pendant une heure, et pendant tout ce temps les parois de la presse ne devront pas laisser suinter la moindre goutte d'eau. Tous les anneaux devront subir cette épreuve. »

Nous n'avons pas eu de renseignements sur les essais à la traction faits sur les barreaux d'essai. Il faut supposer que leurs résultats ont été satisfaisants puisqu'il a été procédé aux essais en grand des viroles. Dans ces essais il n'y a pas eu de suintements et on a poussé l'essai à 45 atmosphères. L'une d'elles a ensuite été choisie pour l'essai à la rupture. Cette virole a supporté à deux reprises 75 atmosphères de pression, puis s'est rompue à 78 atmosphères, sans présenter de changement appréciable de son diamètre.

Ces données, si sommaires qu'elles soient, permettent d'en tirer quelques déductions.

Si l'on cherche qu'elle est la tension du métal sous les pressions dont il s'agit, on reconnaît aisément que, tout en négligeant la section des brides dont sont munies les viroles, la tension totale sur une section génératrice est de 822,092 kilogrammes par mètre courant. L'épaisseur étant de 50 millimètres, il en résulte que la tension par millimètre carré était de $16^{k},44$ seulement au moment de la rupture. L'agrandissement du diamètre aurait dû être, d'après le cahier des charges, de 16 millimètres avant rupture, ou de 5 millimètres sous la pression atteinte. Il a été inappréciable.

Si l'on voulait classer ces viroles dans la catégorie des vases à parois épaisses et leur appliquer les formules de Lamé, on trouverait que le coefficient de travail maximum est de $16^{k},86$ par millimètre carré, chiffre peu différent de celui précédemment trouvé.

L'essai que nous signalons a certainement lieu d'étonner. Le coefficient de rupture de 16 à 17 kilogrammes par millimètre est si peu supérieur à celui de la fonte sous tension, qu'il n'y a guère de raison pour ne pas prendre tout aussi bien cette matière. On voit même souvent de la bonne fonte résister à 18 kilogrammes par millimètre carré. L'allongement nul sous les essais les plus les plus importants indique du reste à nouveau ce fait bien connu, que suivant la façon dont l'acier est coulé, il se trouve dans un état tout différent, ce qui laissera toujours subsister des doutes sur des pièces aussi volumineuses que les cylindres dont il s'agit.

L'administration, après ces essais, n'est donc rien moins que rassurée et il n'est pas étonnant que, refusant absolument d'accepter les viroles fabriquées, elle se livre à de nouvelles études avant d'entreprendre la construction définitive.

NOTE

SUR

L'EMPLOI DE L'AIR COMPRIMÉ

POUR LE SOUFFLAGE ET LE TRAVAIL DU VERRE

PAR M. APPERT.

Par suite des nécessités d'une fabrication spéciale, et en présence de l'insuffisance des procédés employés ordinairement pour le soufflage du verre, nous avons été amené à étudier l'emploi de l'air comprimé mécaniquement et emmagasiné.

Notre fabrication étant assez variée comme nature de produits, il nous a été relativement facile d'étudier, pour chacun d'eux, les appareils les plus propres à en rendre l'emploi pratique.

Nous rappellerons d'abord les deux procédés employés pour la mise en œuvre du verre préalablement fondu :

1° Le procédé par Coulage ;
2° Le procédé par Soufflage.

Par Coulage.—Le creuset plein de matière fondue est sorti du four et versé sur une table; un rouleau de pesanteur suffisante lamine le verre écoulé suivant une épaisseur donnée par des règles sur lesquelles il se meut.

Ce procédé est employé pour la fabrication des glaces.

Quand la quantité de verre à couler est peu considérable, on le puise dans le creuset avec une cuillière ou poche et on le verse sur la table ou dans le moule qui lui donne la forme de la pièce à obtenir.

Un rouleau ou une presse force le verre à remplir les anfractuosités de la table ou du moule.

C'est ainsi que se fabriquent les verres à reliefs pour vitrages et toitures, les dalles de pavage, les lentilles, hublots et pièces épaisses pour la marine et les phares.

Les pièces de gobeleterie *moulées* se font en puisant le verre dans le creuset avec une barre de fer ronde chauffée à une de ses extrémités.

Le verre qui s'y est enroulé est écoulé dans un moule en acier, en fonte ou en bronze ayant la forme *extérieure* de la pièce à obtenir;

Un noyau ayant la forme et les dimensions *intérieures* de la pièce, est descendu dans l'axe du moule et vient presser le verre encore liquide en lui donnant la forme définitive.

Par Soufflage. — L'ouvrier puise le verre dans le creuset avec une *canne* ou tube de fer creux renflé d'un bout, qu'il a chauffée préalablement de 5 à 600°.

La quantité de verre suffisante ayant été cueillie, il procède au soufflage en appliquant ses lèvres à l'extrémité froide de la canne et insufflant la quantité d'air nécessaire.

La compression produite par un ouvrier habitué à souffler, peut aller à 150 grammes par centimètre carré, pendant un temps très court; elle est très variable d'individu à individu.

Pour se rendre compte des pressions nécessaires au soufflage, on le fait d'une façon très simple en disposant sur la longueur d'une canne un ajutage à robinet que l'on met en communication, au moment du soufflage de la pièce, avec un manomètre à eau et à air libre.

Généralement, le soufflage est produit sous une pression de 5 à 30 grammes, et il ne monte que très exceptionnellement à 100 grammes.

Le travail de soufflage est pénible pour les ouvriers, tant par l'effort musculaire réitéré auquel il les oblige, que par le volume d'air souvent très considérable qu'ils doivent faire passer dans leurs poumons.

Pour certaines fabrications de gobeleterie, le cube d'air à expirer est de 2,500 décimètres cubes à une pression de 25 grammes, par ouvrier et par jour.

Un ouvrier manchonnier pour verre à vitre, dans les conditions ordinaires de la fabrication doit souffler un cube de 6,000 à 7,000 décimètres cubes à une pression de 20 à 75 grammes.

Un ouvrier bouteiller, 1,000 décimètres cubes à une pression de 25 à 75 grammes et plus.

Ces conditions de travail déjà pénibles sont aggravées par le milieu à température élevée, et non saturé dans lequel ils ont à se mouvoir.

D'après des expériences faites dans notre usine, la température moyenne des ateliers, à l'abri du rayonnement des ouvreaux, est de 20 degrés supérieure à celle de l'air extérieur.

Depuis fort longtemps on a cherché à parer à l'insuffisance de l'insufflation buccale par des appareils spéciaux dont le plus ancien et le plus connu est le *piston Robinet* inventé par un ouvrier de la cristallerie de Baccarat, susceptible de donner un petit volume d'air sous une pression de 200 à 250 grammes.

Il est encore employé dans nombre de verreries.

En 1834, M. Bontemps a employé un soufflet de forge pour le soufflage des cylindres de grandes dimensions.

Ce procédé ne s'est pas répandu.

En 1846, M. Flamm a eu l'idée de comprimer de l'air dans des réservoirs qu'il pouvait charger à 50 atmosphères.

En admettant qu'il ne les chargeât qu'au dixième de cette pression encore énorme, elle suffisait à elle seule pour rendre le procédé impraticable.

Un défaut commun aux procédés de MM. Bontemps et Flamm, est que, pour la fabrication des manchons de verre à vitre que ces messieurs avaient surtout en vue, l'ouvrier souffleur ne peut produire l'insufflation *lui-même* et qu'il ne le fait que par l'intermédiaire d'un aide agissant à son commandement.

D'autres appareils que nous avons employés avec assez de succès, tels que le soufflet de M. Enfer, l'appareil Cordonnier ont l'inconvénient de ne produire qu'une pression intermittente et d'exiger de la part de l'ouvrier un effort accessoire pénible, pour comprimer l'air qui lui est nécessaire.

Le procédé employé le plus généralement pour produire des pièces de grands volumes, consiste à insuffler un mélange d'alcool et d'eau qui, au contact de la partie chaude de la canne, se met en vapeur et produit la pression nécessaire.

Ce procédé est incertain et non sans danger pour l'ouvrier qui l'emploie.

Compression. — La température à laquelle doit être porté le verre, pour en opérer le soufflage, varie suivant sa nature :

Acide ou *Basique.* — Et la pression de l'air dans la capacité intérieure de la pièce en fabrication est en raison inverse de cette température.

D'autre part, la compression qu'il est nécessaire de produire à l'extrémité froide de la canne, et qui peut être supérieure à celle produite dans l'intérieur de la pièce elle-même, devra être d'autant plus grande que le verre tendra à perdre plus rapidement sa malléabilité par suite, soit de sa composition chimique, soit de l'épaisseur de la pièce, ou de son volume.

Il s'agit, en effet, de faire passer un volume d'air plus ou moins considérable et avec rapidité par un tube d'une longueur assez grande $1^{m},60$ environ et d'un diamètre intérieur relativement faible (10 à 20 millimètres).

Aussi l'insufflation buccale arrive-t-elle à être rapidement insuffisante pour des pièces d'un certain volume ou des pièces épaisses moulées à reliefs un peu considérables.

Les verres, au point de vue de la malléabilité, peuvent se ranger, comme composition, dans l'ordre suivant :

Verres plombeux (cristal) très malléable ;

Verres sodiques (verre à vitre et verre blanc ou demi-cristal) ;

Verres potassiques ;

Verres calcaires (verre à glace) ;

Verres calcaires alumino-ferreux (verre à bouteille).

La compression de l'air, produite mécaniquement, devra donc être variable suivant le genre de fabrication et la nature du verre employé.

Pour une même nature de fabrication, elle devra satisfaire aux conditions suivantes :

1° Être légèrement supérieure ou au moins égale à la pression maximum qui peut être exigible à un moment donné ;

2° Être constante dans la canalisation où l'air est emmagasiné ;

3° Qu'elle puisse être diminuée à la volonté de l'ouvrier *lui-même*, et dans la mesure qui lui est nécessaire, par les appareils de détente qui sont mis à sa disposition.

Ces appareils doivent être d'un maniement facile, n'occasionner aucune gêne à ses mouvements, et ne pas exiger de supplément de main-d'œuvre.

Nous regardons comme nécessaires et suffisantes ces diverses conditions.

Il y a intérêt en même temps à ce que la pression soit la plus rapprochée de celle qui est nécessaire ; si elle était de beaucoup plus élevée, l'ouvrier ne pourrait détendre avec assez de précision et serait susceptible de manquer une partie des pièces en fabrication.

Au point de vue économique, cette condition est la plus favorable, car elle permet de diminuer, l'importance des pertes d'air comprimé qui peuvent se produire par l'inattention des ouvriers ou par les fuites dans la canalisation elle-même.

Pour obtenir la constance de la pression, le régulateur a une grande importance : il doit être complètement obturateur, l'écoulement de l'air pouvant être intermittent. Il doit de plus régulariser sous une pression qui ne dépasse par 1/20e de la pression normale, même quand tous les appareils de distribution fonctionnent à la fois.

Nous avons reconnu par expérience que la pression ne devait pas être inférieure.

pour le cristal à	180	gr. p. $^{c}/^{mq}$
— verre à vitre à.	180	—
— verre blanc de gobeleterie ou 1/2 cristal à	200	—
— verre à bouteilles à	250	—

APPAREILS DE COMPRESSION

Pour comprimer l'air nous employons un compresseur à deux cylindres conjugués fonctionnant dans une double enveloppe refroidie, de façon à avoir une compression isotherme ou s'en rapprochant le plus possible.

Les cylindres compresseurs ont :

Diamètre	$0^{m},12$
Course	$0^{m},25$

Le compresseur marche à 60 tours par minute et aspire un volume de 20^{ms}, à l'heure, produisant avec un rendement moyen de 70 pour 100, 3,500 décimètres cubes d'air comprimé à 3 kilogrammes par centimètre carré.

Ces compresseurs sont actionnés par la machine à vapeur de l'usine;

une petite locomobile Belleville peut suppléer la machine principale en cas d'arrêt ou d'accident.

L'air comprimé se rend dans 12 réservoirs en tôle d'acier timbrés à à 4 kilogrammes et d'une capacité de 670 décimètres cubes, ou 8,000 décimètres cubes pour l'ensemble.

Une soupape avec sifflet-avertisseur est posée sur un cylindre accessoire près des compresseurs.

Ces réservoirs sont rangés par batterie dans le haut de la halle de travail, et branchés sur la même conduite.

Ils peuvent être isolés par un robinet d'arrêt et sont chargés d'une façon permanente d'air comprimé à 3 kilogrammes; ils servent d'accumulateurs pour le travail courant, et principalement pour le travail de nuit.

Ils doivent suffire pour le travail de soufflage de douze heures.

L'accumulation pourrait se faire d'une façon différente en comprimant l'air dans un gazomètre télescopique équilibré et de grande capacité, à une pression égale ou très peu supérieure à celle utilisée pour le soufflage.

L'avantage consisterait à obtenir des compresseurs un rendement notablement plus considérable, ce rendement diminuant rapidement en raison même de l'augmentation de la pression, tant par l'échauffement de l'air comprimé que par la perte due aux soupapes.

Cette disposition, que nous croyons devoir être toujours plus coûteuse comme prix d'installation, exigerait un emplacement considérable et ne pourrait être adoptée que dans certaines fabrications, telles que celles du verre à vitre, où on n'a pas à utiliser l'air comprimé comme force motrice.

Elle pourrait, à la rigueur, dispenser de l'emploi d'un régulateur détendeur.

La canalisation est en tuyaux de plomb de 26 millimètres de diamètre, essayés à 5 kilogrammes; ils sont placés dans la partie supérieure des ateliers; des robinets de purge sont posés, de distance en distance, sur les parties basses de cette canalisation.

Des prises sont faites directement sur ces conduites à haute pression pour des pièces de très grand volume, d'autres la mettent en communication avec des cylindres analogues aux précédents, et appelés cylindres détendeurs; ces derniers, munis de manomètres, sont char-

gés à la main d'air à une pression de 500 grammes à 1 kilogramme par centimètre carré suivant la nature de la fabrication.

Pour le soufflage des pièces de gobeleterie ordinaire une canalisation spéciale est en communication avec les cylindres à haute pression par l'intermédiaire d'un régulateur à mercure qui détend l'air comprimé à une pression de 200 grammes par centimètre carré.

Le régulateur que nous employons se compose d'un cylindre en fonte dans lequel plonge une cloche en tôle ; cette dernière actionne une petite soupape en bronze phosphoreux qui la met en communication avec les accumulateurs.

L'intérieur de la cloche communique elle-même avec la canalisation à basse pression.

On peut faire varier la pression inférieure en chargeant la cloche d'un poids plus ou moins considérable.

Ce régulateur fonctionnant dans de bonnes conditions, n'est toutefois pas sans inconvénients : il est d'un prix élevé ; le maniement du mercure n'est pas sans danger, et, en cas de dérangement dans la marche de l'appareil, les pertes de mercure peuvent être considérables.

Nous avons essayé un régulateur moins coûteux et plus maniable qui dispense de l'emploi de liquïde, et qui réunit les conditions de régularisation nécessaires.

Ce régulateur est construit par la société Pintsch.

Depuis l'époque de notre communication, nous avons mis ce régulateur en service ; grâce à l'obligeance de M. le comte Delamarre, notre collègue, qui a fait quelques modifications au modèle courant employé pour le gaz d'huile, en augmentant les orifices d'introduction, nous avons obtenu une régularisation parfaite, les différences de pression ne dépassant pas 5 grammes, et l'obturation étant complète.

La canalisation inférieure, à basse pression, est pendue sous le plancher de la halle de travail ; elle est en tuyaux de fonte système Petit, de 125 millimètres de diamètre ; quatre réservoirs de la dimension des accumulateurs y sont reliés et augmentent ainsi l'accumulation, qui est de 4,000 décimètres cubes.

Sur cette canalisation sont piquées vingt bouches de prise d'air, à robinet d'arrêt système Valdo; elles sont scellées au ras du sol de la halle de travail et disposée autour des fours aux endroits les plus convenables.

Un manomètre à haute pression et un manomètre à eau et à air libre, indiquent à chaque instant le bon fonctionnement des appareils; ils peuvent être surveillés d'une façon incessante et déceler ainsi les pertes d'air qui pourraient se produire accidentellement.

Nous avons eu soin de poser nos appareils d'accumulation dans des endroits à une température toujours assez élevée, variant de 30 degrés à 50 degrés; notre but a été de contrebalancer le refroidissement de l'air par suite de ses détentes successives, et de ne distribuer aux ouvriers que de l'air à une température qui ne soit pas inférieure à celle de l'air fourni par la poitrine humaine.

Il est moyennement à une température de 25 à 30 degrés.

Les essais que nous avons faits nous ont montré qu'il n'y avait pas intérêt à le distribuer à une température plus élevée et qu'il n'y aurait, dans ce cas, que beaucoup de difficultés par suite de la détérioration possible des appareils de distribution sans avantages pour le travail de soufflage.

APPAREILS DE SOUFFLAGE.

L'état de malléabilité dans lequel se trouve le verre à la température où s'opère le soufflage, exige de la part de l'ouvrier verrier une série de mouvements, et, en particulier, un mouvement de rotation incessant, qui lui permettent de conserver la pièce de verre en travail dans un axe sensiblement le même que celui de la canne avec laquelle il fait corps.

Suivant la nature des pièces, le soufflage se produit soit :

1° En tournant la canne suivant un axe horizontal.

2° En la tournant suivant un axe vertical, le verre étant *en dessous de la canne*.

3° En la tournant suivant un axe vertical, le verre étant au-dessus de la canne.

Pour répondre à ces besoins divers, nous avons combiné trois types d'appareils.

Ils sont tout trois basés sur l'emploi d'une buse de soufflage dans laquelle l'ouvrier engage la canne avec laquelle elle fait corps dès ce moment, et d'un robinet à fermeture automatique que l'ouvrier actionne, soit avec la main, soit avec le pied, par l'intermédiaire de leviers, en produisant la détente qui lui est nécessaire.

Le premier appareil est le *banc du verrier* ordinaire, auquel nous laissons sa forme et ses dimensions.

Le deuxième appareil, dit à *col de cygne*, sert pour le moulage au moule fixe ou au moule tournant pour flacons, verres à gaz, cheminées, bouteilles, etc.

Le troisième, dit à *souffler en l'air*, sert pour le soufflage des boules, d'éclairage, matras, cornues, etc.

Tous ces appareils sont mobiles et s'adaptent aux bouches de prise de la canalisation inférieure dont nous avons parlé plus haut.

Une quatrième disposition d'appareil permettant le soufflage dans toutes les positions possibles de la canne est appliquée par nous spécialement au soufflage des manchons pour verre à vitre et cylindres de pendules. Ce dernier appareil est fixe; et nous en faisons aussi de mobiles.

Banc de verrier (fig. 1 et 2, pl. 63). — C'est l'appareil le plus employé pour la gobeleterie; il se compose d'une planche de $1^m,60$ de long, sur laquelle l'ouvrier s'assoit, et de deux pièces de bois horizontales appelées bardelles supportant la canne, qui, en roulant dessus, opère un mouvement de rotation et de translation.

Nous y ajoutons :

Sur la bardelle de gauche, un cadre rectangulaire à charnière, soutenu par une potence mobile qui permet de le maintenir horizontalement ou verticalement.

Un chariot à cinq galets, dont quatre directeurs et un porteur, roule sur trois tringles faisant corps avec le cadre en cornière.

Sur ce chariot est fixée la buse de soufflage par l'intermédiaire d'un collier.

Cette buse (fig. 3, pl. 63) se compose d'un cône en caoutchouc; contenu dans une enveloppe en cuivre rouge, à l'extrémité de laquelle

est un tube en fer tournant dans un second tube fixe et entre lesquels est une presse-étoupe garni de chanvre graissé.

L'ouvrier engageant dans la buse sa canne, dont l'extrémité est en bec de flûte, celle-ci fait un joint hermétique avec le caoutchouc; la buse fait, dès lors, corps avec la canne et en suit le mouvement de rotation sur elle-même.

Le chariot lui permet de suivre son mouvement de translation sur les bardelles.

Un robinet à fermeture automatique est placé sous le banc; par un levier placé dans la longueur du banc et une pédale sur laquelle l'ouvrier appuie le pied droit, il produit, au moment voulu, la détente qu'il juge nécessaire.

Les deux extrémités du robinet sont en communication par l'intermédiaire de deux tuyaux en caoutchouc, d'un côté avec la queue de la buse, de l'autre avec le robinet de prise de la canalisation inférieure.

Des chariots tout montés et prêts à être mis dans le cadre peuvent remplacer ceux en service en cas d'avarie.

Il ne faut pas plus de deux minutes pour en opérer le remplacement.

Appareil à mouler (fig. 4 et 5, pl. 63). — C'est l'appareil mobile employé quand la canne est posée verticalement, le verre étant au-dessous de la canne : il se compose d'un tabouret à trois marches, portant sur un des côtés un tube de fer creux dans lequel peut monter et descendre un second tube plus long, recourbé à la partie supérieure.

Ce dernier communique par le bas avec la canalisation inférieure, et par l'extrémité de la partie recourbée avec un robinet à fermeture automatique garni d'une buse fixe qui s'applique sur l'extrémité de la canne au moment du soufflage; des tuyaux en caoutchouc réunissent les diverses pièces.

Quand les ouvriers travaillent à des places fixes, comme pour la fabrication des bouteilles, cet appareil est remplacé par une rampe sur laquelle sont branchés des boyaux en caoutchouc portant le robinet distributeur.

Cette rampe est placée dans la partie supérieure de l'atelier, et les boyaux descendent à distance convenable derrière les ouvriers.

Par cette disposition d'appareils, et pour les pièces tournées, au lieu de donner le mouvement de rotation à la pièce c'est le moule qui

tourne par l'intermédiaire d'un appareil appelé *tourne-moule*, sur lequel il repose.

Appareil pour souffler les pièces en l'air (fig. 6 et 7, pl. 63). — Avec cet appareil la canne peut être posée verticalement ou obliquement, le verre étant au-dessus de la canne.

Il se compose d'un support en tôle en forme de tronc de cône, dans l'intérieur duquel est le robinet de détente.

Sur ce support est fixée une lame de tôle épaisse portant à une de ses extrémités la buse que nous avons décrite précédemment, et de l'autre une fourche sur laquelle l'ouvrier pose la canne quand le soufflage est terminé.

La buse est fixée sur le support par l'intermédiaire de deux axes, l'un horizontal et l'autre vertical, qui lui permettent de prendre toutes les positions que l'ouvrier a à lui donner; une pédale fixée en bas du support est actionnée par le pied gauche de l'ouvrier qui, travaillant debout, fait reposer le poids de son corps sur la jambe droite.

VERRE A VITRE

Soufflage des verres ou cylindres pour verre à vitre (fig. 8 et 9, pl. 63). — Dans cette fabrication l'ouvrier travaille debout sur une planche appelée pont, ayant $0^{m},50$ de largeur et 5 à 6 mètres de longueur.

Suivant les diverses phases de la fabrication, il occupe trois positions différentes :

1° Suivant qu'il tourne le verre dans le bloc et souffle la boule;

2° Suivant qu'il allonge le manchon;

3° Ou qu'il le perce.

Pour permettre le soufflage dans chacune de ces trois positions, sont disposées sur le pont deux pédales *P* agissant sur le robinet *r* placé dans la partie supérieure de l'atelier par l'intermédiaire d'un levier horizontal *l* et d'une tringle verticale *t* disposés dessous, et au bout de la planche.

Le tuyau distributeur *a*, fixé d'un bout au robinet, se termine à l'autre extrémité par une buse souple *b* qui adhère par frottement à l'extrémité de la canne.

Entre la buse et le tuyau est un joint en fer à rotation *S*, qui empêche ce dernier de se tordre et de s'aplatir quand on imprime un mouvement de rotation à la canne. Ce tuyau devant être d'inégale longueur aux diverses périodes de la fabrication, se raccourcit automatiquement en s'enroulant sur une poulie de compensation tournant sur pointes et placée dans le haut de l'atelier, quand on vient à le soulager d'une partie de son poids.

La partie pendante du tuyau est équilibrée par un contrepoids s'enroulant lui-même sur la poulie, mais en sens inverse.

Il est nécessaire de prendre un tuyau d'un très faible diamètre intérieur et assez épais pour éviter un emmagasinement d'air qui, trop considérable, pourrait amener le sursoufflage du manchon.

Cette disposition d'appareil peut s'appliquer au soufflage de toute espèce de pièce pour la fabrication de laquelle la canne doit avoir une grande mobilité en tous sens. Nous l'appelons *appareil de soufflage universel.*

. . . . . .

Frais d'installation. — Dans notre établissement, et pour une verrerie se livrant à la fabrication de la gobeleterie, travaillant à douze places, les dépenses d'installation se décomposent comme il suit :

Compresseur.	1,800 fr.
14 cylindres à 144 francs.	2,000
Régulateur de pression.	300
Canalisation à haute pression	1,000
Id. à basse pression.	1,000
Robinets de prise et d'arrêt.	300
20 bouches de prise à 25 francs.	500
Manomètres	200
12 bancs de verrier.	1,200
Appareils à souffler et à mouler.	400
Pièces de rechange (buses, tuyaux).	600
	9,300 fr.
Une petite machine de supplément en cas d'accident (4 chevaux).	2,500
Total.	11,800 fr.

Soit 12,000 francs.

Cette somme peut être très différente, suivant la topographie de l'établissement, elle est relativement élevée chez nous, et a été nécessitée par la grande variété des fabrications auxquelles nous nous livrons.

Elle pourrait être de beaucoup diminuée pour une fabrication plus spécialisée, pour laquelle on pourrait diminuer l'accumulation ou le nombre des canalisations.

Prix de revient de l'air comprimé. — En supposant que notre compresseur rende 70 pour 100, il produira en une heure de travail . . . . . 3^{m3}

et en 12 heures . . . . . 36^{m3}

Le travail nécessaire pour comprimer 1 mètre cube d'air à 3 kilogrammes par centimètre carré est de . . . . . 73,200^{km}

Si la compression est adiabatique ou à température variable dans une enveloppe imperméable à la chaleur, ce travail n'est que de . . . . . 58,500^{kg}

si elle peut être opérée à température constante.

Pratiquement, il faut prendre la moyenne entre ces deux valeurs, ce qui donne un travail effectif de . . . . . 94,000^{kg}

La production par cheval-vapeur et par heure étant de. 2^{mc},87

le travail nécessaire pour comprimer 3 mètres cubes sera de. 1 cheval, 25

Prix de revient. — Les frais de production de 1 mètre cube d'air comprimé se décomposeront comme il suit :

Charbon, 33 kilogrammes à 30 francs	1^{fr}00
Graissage et accessoires	1 00
Chauffeur	6 00
1 mécanicien occupé la moitié de son temps à la surveillance des appareils, par jour 9 francs	4 50
Intérêt et amortissement de 12,000 francs à 10 pour 100, 1,200 francs pour 300 jours, par jour	4 00
Total	16^{fr}50
Le prix du mètre cube sera donc de	0 fr. 46

Les verreries ont toujours un moteur et dans les conditions ordinaires la main-d'œuvre du chauffeur et du mécanicien peut être né-

gligée, ces deux ouvriers étant indispensables pour le travail général de l'usine.

Le prix de revient n'est plus que de . . . . . 0 fr. 17
et celui du mètre cube d'air comprimé à la pression de 200 grammes par centimètre carré est de . . . . . 0 fr. 051

En comparant aux prix de revient établis dans les grands chantiers où il a été fait emploi de l'air comprimé sur une grande échelle, soit pour le percement des tunnels, soit pour le transport de la force motrice, on voit que nous nous en rapprochons beaucoup, ces prix étant de 0 fr. 15 et descendant quelquefois à 0 fr. 07.

Il y a intérêt à faire emploi d'une grande quantité d'air comprimé; comme on peut le voir dans le détail des frais de compression, l'intérêt et l'amortissement y entrant pour la plus forte somme, et ne devant être que fort peu augmentés pour une production double ou triple.

Nous avons été amené, par cette considération, à chercher à utiliser l'air comprimé et nous avons pu le faire sur une plus grande échelle comme moyen de transport de la force motrice dans certaines fabrications.

Comme nous le disions en commençant cette communication, une partie des pièces de gobeleterie ordinaire, à bon marché, sont produites par moulage, au moyen d'un appareil appelé *presse*.

Jusqu'alors ces appareils étaient actionnés par des manœuvres agissant sur un levier ou sur un volant faisant tourner une vis de pression.

Ce travail est pénible, irrégulier et coûteux.

Les essais qui ont été faits pour une transmission par poulies et courroies n'ont pas réussi, tant par suite de la complication des appareils de transmission, que par l'encombrement qu'ils amènent dans les ateliers, du danger qu'ils présentent et de la difficulté que les ouvriers éprouvent à les diriger.

Nous avons construit des *presses à air comprimé* agissant à la façon des marteaux-pilons employés en métallurgie.

Presse à air comprimé (fig. 10 et 11, pl. 63). — Cette presse se compose d'un cylindre dans lequel se meut un piston à segments ; aux deux extrémités de sa course sont fixées deux plaques épaisses de caoutchouc pour amortir les chocs.

A la partie inférieure du piston est adapté un manchon creux dans l'intérieur duquel se meut une vis sur laquelle est fixé le noyau du moule.

Un écrou en bronze fixé au manchon fait monter ou descendre la vis suivant la hauteur des moules.

Une rainure faite dans cette dernière reçoit une clavette fixée au manchon et qui l'empêche de tourner.

Un plat fait sur le manchon remplit le même but.

Un tiroir de distribution analogue aux tiroirs des machines à vapeur est manœuvré par l'ouvrier lui-même au moyen d'un levier placé sous sa main gauche.

La presse dont nous vous présentons le dessin peut exercer une pression de 760 kilogrammes dont il faut défalquer 100 kilogrammes pour les frottements, soit 660 kilogrammes.

Les lumières du tiroir étant taillées en biseau, l'introduction se fait en si petite quantité qu'il est nécessaire, en permettant de donner une pression extrêmement graduée.

Ce système de presse, actionnée par l'air comprimé, évite toute fatigue à l'ouvrier verrier et permet de supprimer l'aide-verrier ou l'ouvrier souvent préposé à la manœuvre des presses employées jusqu'à présent.

Il présente en outre sur les presses mues à bras, l'avantage de donner une pression aussi considérable qu'on le désire et de la graduer à la volonté de l'ouvrier, sans effort de sa part.

D'un autre côté, la rapidité avec laquelle la pression s'opère, permet de fabriquer des pièces d'une minceur excessive.

Cette presse peut servir aussi bien au moulage des pièces en verre à moule fermé qu'à moule ouvert et en général au moulage de toute espèce de pièces de verrerie. Par suite de sa construction même, elle pourrait fonctionner avec de la vapeur, mais nous regardons l'emploi de l'air comprimé comme infiniment préférable dans les verreries : car il peut se conduire à grande distance sans perte sensible.

Par l'intermédiaire de tuyaux en caoutchouc renforcés de toile, de longueur suffisante, on peut donner une grande mobilité aux appareils.

Dans le cas de fuites dans les garnitures, il ne présente ni danger de brûlure pour les ouvriers, ni danger de condensation pouvant détériorer les pièces ou les moules.

Enfin l'air comprimé amené à la presse peut servir, soit directement soit par son échappement à refroidir les pièces ou le moule lui-même.

Dans la presse dont nous vous présentons le dessin, la dépense d'air est de 10 décimètres cubes par coup de presse d'air à 3 kilogrammes par centimètre carré.

La moyenne étant de 100 coups par heure, elle consomme 1,000 décimètres cubes, qui, au prix fixé plus haut de 0 fr. 17, coûte, pour la durée d'une journée de travail, 1 fr. 87 comme frais de compression.

Ce modèle de presse est un des plus puissants employés en verrerie.

Son prix est de 1,200 francs.

Tourne-moule à air comprimé. — Nous avons fait une seconde application de l'air comprimé comme moyen de transport de la force motrice, en l'employant à mettre en mouvement l'appareil appelé *tourne-moule* qui supporte le moule dans lequel sont soufflés le plus souvent les bouteilles, cheminées, verres à gaz et de nombreuses pièces de gobeleterie.

Il se compose d'une boîte dans l'intérieur de laquelle sont fixés horizontalement 3 cylindres à simple effet de $0^{m},12$ de diamètre intérieur, dans lesquels se meuvent 3 pistons sur une des faces desquels sont fixées les bielles ; elles sont reliées ensemble sur un plateau horizontal par 3 mannetons tiercés.

Ce plateau est calé sur un arbre vertical se prolongeant au-dessus de la boîte et portant le plateau porte-moule.

La distribution se fait à robinets et l'air est amené de la canalisation inférieure à 200 grammes, par un robinet à fermeture automatique actionné par une pédale placée sous le pied droit de l'ouvrier au moment du soufflage, qu'il exécute en même temps en agissant avec sa main droite sur le robinet distributeur de l'appareil dit à col de cygne (pl. 63, fig. 4 et 5).

La pression produite sous le piston est de 17 kilogrammes effectifs, le volume d'air dépensé pour le moulage d'une pièce est de 23 décimètres cubes.

Cet appareil peut faire 40 tours à la minute ; il s'applique sur les bouches de soufflage ordinaires.

Son emploi supprime la main-d'œuvre de l'enfant qui, dans les conditions ordinaires, fait tourner le moule, et il permet à l'ouvrier de lui imprimer, sans effort de sa part, le mouvement de rotation qu'il juge le plus convenable comme rapidité.

Le moulage de 40 pièces coûte 0 fr. 05 d'air comprimé.

Considérations générales. — L'utilité de l'emploi de l'air comprimé pour le soufflage et le travail du verre doit être envisagée au point de vue *hygiénique* et au point de vue *économique*.

Quoiqu'il n'ait pas été fait de statistiques spéciales pour les maladies qu'entraîne le soufflage du verre, il n'est douteux pour aucun des hygiénistes s'étant occupés du travail des verriers que ce travail n'entraîne des maladies particulières d'une gravité plus ou moins grande, telles que l'emphysème pulmonaire, la hernie et des maladies de la bouche et des lèvres.

Eu égard au grand nombre d'apprentis très jeunes nécessaire dans la plupart des verreries, comparé au nombre beaucoup plus restreint d'ouvriers adultes, il se fait une sélection naturelle qui ne permet qu'aux plus robustes de continuer ce genre de travail, et malgré cela, les ouvriers verriers, à très peu d'exceptions près, à quarante-cinq ans et souvent beaucoup plus tôt, sont incapables d'un travail demandant un effort physique un peu considérable.

Les efforts incessants qu'ils doivent faire et la transpiration cutanée et pulmonaire à laquelle ils sont soumis, amènent un état de débilitement contre lequel ils ne réagissent qu'incomplètement, à tel point, que dans les mois chauds de l'été, le travail est diminué forcément, s'il n'est pas interrompu complètement.

Nos procédés de soufflage mécanique permettent de supprimer *d'une façon absolue* le soufflage par la bouche des enfants et si, dans quelques fabrications, ils ne le permettent pas pratiquement d'une façon aussi complète pour les ouvriers adultes, ce n'est pas par suite de l'imperfection de nos appareils qui permettent tous les mouvements de la canne dans les mains de l'ouvrier, mais par suite des conditions de rapidité exigées dans une fabrication à outrance, ils leur évitent dans tous les cas la partie la plus pénible du travail de soufflage.

Nous regardons de plus comme impossible d'une façon complète d'interdire aux ouvriers de porter la canne à leur bouche, il peut arriver à tout instant que, par suite d'une inattention de leur part, ils soient obligés de souffler une très petite quantité d'air pour ne pas perdre la pièce qu'ils ont en mains.

Il en serait du reste de cette mesure comme de celle qu'avait voulu faire adopter M. le docteur Viennois, de Rive-de-Gier, consistant à obliger les ouvriers à se servir d'une buse protectrice qu'ils se mettaient dans la bouche au moment du soufflage, ayant pour effet

d'empêcher le contact des lèvres et de la canne et de les protéger ainsi contre la propagation des maladies contagieuses. Elle n'a jamais pu être mise à exécution.

Au point de vue économique, qu'envisagent surtout les industriels, nos procédés sont avantageux :

Pour la fabrication de la gobeleterie, ils permettent de supprimer un ou deux enfants sur une place et amènent une économie de 50 à 80 pour 100 sur le salaire de ces enfants ;

Pour la fabrication du verre à vitre, ils permettent, sans exiger chez les ouvriers une organisation exceptionnelle, de faire des manchons de grandes dimensions d'un produit avantageux, et payés très cher, le plus souvent sans profit pour ces mêmes ouvriers ;

Pour le moulage de la flaconnerie et des bouteilles, la rapidité du travail peut être plus grande et amener une augmentation de production ;

Enfin pour des fabrications où l'avantage n'est pas aussi apparent, nous sommes certain que les industriels ont encore intérêt à les adopter.

Le travail de l'ouvrier verrier, en général, exige des efforts musculaires répétés et considérables, or le travail de l'homme, sous quelque forme que ce soit, est coûteux et toujours irrégulier ; toutes les fois qu'on a pu le remplacer par le travail fourni par des agents mécaniques, il y a eu avantage comme prix et comme qualité des produits, l'ouvrier, en effet, étant soumis à moins de fatigue, travaille mieux, produit plus et peut appliquer plus librement son intelligence.

Les industriels, tout en servant leurs intérêts, pourront donc remplir vis-à-vis de leurs ouvriers, leurs collaborateurs, un devoir d'humanité, dont eux, plus que personne, peuvent apprécier la valeur.

Nous croyons que l'emploi de ces procédés constitue un progrès dans l'industrie verrière et, sans nous flatter qu'ils se généralisent à très bref délai, nous ne doutons pas qu'ils ne viennent s'ajouter, dans l'avenir, aux améliorations considérables introduites depuis vingt-cinq ans dans cette industrie jusqu'alors un peu stationnaire.

NOTE

SUR

LES MACHINES DUBOIS ET FRANÇOIS

PERMETTANT DE SUPPRIMER L'EMPLOI DE LA POUDRE

DANS L'EXPLOITATION DES MINES DE CHARBON A GRISOU

PAR M. A. CLERC.

L'excursion si intéressante à tous les points de vue que nous venons de faire avec notre Président, en Belgique et en Hollande, m'a personnellement procuré l'avantage de passer quelques jours avec l'un de nos collègues, M. Joseph François, ingénieur à Seraing.

Cette rencontre m'a valu d'apprécier à sa valeur un appareil dont le principe et le fonctionnement sont des plus ingénieux et m'ont paru de nature à intéresser la Société.

Cet appareil permet en effet d'obtenir, par des moyens simples, économiques, pratiques enfin, la suppression de l'emploi de la poudre dans le travail des mines à grisou.

Je n'ai pas besoin de vous dire quel intérêt considérable s'attache à cette question, non seulement au point de vue supérieur de l'humanité et de l'hygiène des ouvriers mineurs.

Il est bien établi aujourd'hui que l'emploi de la poudre a été de tout temps la cause première des coups de feu, et il est à croire que tant qu'on se servira de poudre dans les mines où la présence du grisou est à craindre, même en faible quantité, on les verra se renouveler.

Voici, à l'appui de cette opinion, une circulaire adressée par le Ministre aux ingénieurs des mines en Belgique et de laquelle j'extrais le passage suivant :

« Monsieur l'Ingénieur en chef,

« Il résulte d'un relevé des accidents constatés par l'administration des mines pendant ces trois dernières années, que sur *vingt-trois* cas d'inflammation de grisou, dont plusieurs ont eu beaucoup de gravité, *dix-huit* ont été déterminés par l'emploi de la poudre.

« La fréquence de cette cause, qui avait déjà été reconnue à d'autres époques, exige qu'on y prête une attention spéciale.

« Je sais que des efforts ont été faits dans plusieurs charbonnages pour arriver à supprimer l'emploi de la poudre ou tout au moins à le restreindre autant que possible, je sais aussi que ces efforts n'ont pas été stériles. On me cite des sièges importants d'exploitation où l'on ne brûle plus un grain de poudre pour le *bossoyement* des voies d'exploitation et même pour le creusement des galeries à travers bancs.

« Les procédés employés à cet effet ne sont peut-être pas applicables à tous les terrains ni dans toutes les circonstances, cependant ils le sont dans bien des cas. Essayés davantage et étudiés de plus près, ils ne tarderaient probablement pas à recevoir des perfectionnements qui leur permettraient de satisfaire aux diverses exigences de l'exploitation.

« Au surplus, le problème est sans doute susceptible de solutions non soupçonnées ou à peine entrevues et l'importance du but à atteindre est bien digne de provoquer les recherches des hommes de science, des ingénieurs et des praticiens.

« Dans l'état actuel des choses la prudence commande, du moins aux exploitants des mines à grisou, de limiter au strict nécessaire l'usage de la poudre dans leurs travaux, etc., etc. »

Cette circulaire porte la date du 7 octobre 1882.

J'ajouterai qu'à un autre point de vue, la suppression de l'emploi de la poudre et de la fumée qui en est la conséquence rend la situation normale des ouvriers bien moins pénible et le travail produit en est naturellement augmenté.

La facilité et la rapidité du travail que donnent les agents explosifs ont fait supposer que leur usage était nécessaire et que l'exploitation deviendrait difficile sinon impossible sans leur emploi, c'est là probablement ce qui les a fait tolérer.

La direction des houillères de Marihaye (près de Seraing) qui a été la première à appliquer en grand les moyens mécaniques avec emploi de

l' air comprimé pour l'exploitation de ses charbonnages, pria en 1876 MM. Dubois et François, nos collègues, de créer un appareil lui permettant de ne plus tirer de coups de mines dans les endroits où la présence du grisou rendrait l'opération dangereuse.

Les premières expériences, faites en 1876, démontrèrent que le problème était réalisable, et aujourd'hui, grâce à la persévérance de la direction de ce charbonnage secondée par la ténacité des inventeurs, on peut dire qu'il est possible de se mettre à l'abri des coups de grisou provenant de son inflammation par les coups de mines.

L'appareil qui permet d'obtenir ce résultat a reçu le nom de *Bossoyeuse*.

Il consiste en principe en un perforateur système Dubois et François mû par l'air comprimé et d'une grande puissance, permettant de creuser dans le front d'attaque une série de trous et rainures convenablement répartis pour créer les lignes de rupture.

L'agent explosif étant alors remplacé par un coin en acier et des contre-coins en fer placés dans les trous, on substitue à l'outil perforateur une forte masse en acier ou en fer cémenté qui agit comme un marteau sur la tête du coin pour produire, par son enfoncement, la rupture de la roche dans les conditions montrées (pl. 61, fig. 1) ; ainsi le havage ou déchaussement de la roche, au lieu d'être obtenu par un grand nombre de coups de mines, est opéré mécaniquement.

Description de la Bossoyeuse. — La *bossoyeuse* est représentée (pl. 61, fig. 1) ; le perforateur a 0,12 de diamètre au piston et le poids de la partie percutante est d'environ 125 kilogrammes.

Je n'entrerai pas ici dans le détail du mécanisme du perforateur lui-même, lequel se trouve décrit dans plusieurs publications : *Annales industrielles*, 1873 ; Cours de MM. *Burat et Callon*, etc[1].

On sait que cet appareil consiste en principe en un cylindre dans lequel un piston est mû par l'air comprimé, la tige de piston fait l'office de porte-fleuret ; un système de distribution très ingénieux produit le mouvement alternatif du piston et en même temps la rotation du fleuret ; les inventeurs y ont ajouté récemment un contre-piston à air

1. Voir aussi pour l'application de la bossoyeuse le Bulletin de l'*Industrie Minérale*, juin 1882.

comprimé, placé à l'arrière du cylindre et dont l'effet est d'utiliser les chocs en retour.

L'affût ne porte qu'un seul perforateur et la masse de l'ensemble est suffisante pour que les vibrations et les trépidations s'y disséminent sans causer de perturbation dans sa position.

Deux mouvements de roue et vis sans fin permettent de manœuvrer le perforateur à droite et à gauche et aussi de le mouvoir de bas en haut, c'est-à-dire qu'il est possible de le diriger vers un point quelconque du front de taille; il est du reste équilibré de telle manière que ces divers mouvements s'opèrent avec une grande facilité ; cette possibilité du déplacement de l'outil dans différentes directions constitue l'un des principaux avantages de la bossoyeuse en lui permettant de pratiquer les rainures qui facilitent considérablement l'abatage de la roche.

L'appareil tout entier est placé sur rails et peut facilement être déplacé par deux ou trois ouvriers. Il n'occupe que 1 mètre en hauteur et 65 centimètres en largeur; sous ces dimensions réduites, il permet de creuser des galeries depuis $1^{m},20$ de largeur sur $1^{m},60$ de hauteur jusqu'à $3^{m},50$ de largeur et $2^{m},50$ de hauteur.

Voici maintenant le mode d'emploi de la bossoyeuse :

De l'emploi des bossoyeuses pour percer les galeries sans employer la poudre. — La principale difficulté que l'on a eu à vaincre a été celle d'obtenir mécaniquement le dégagement pour permettre le jeu des coins.

Ce dégagement n'est autre chose que la rainure nommée *havage* en termes de mineurs.

Par la *bossoyeuse* il y a deux moyens de creuser cette rainure :

Par le premier qui est réservé aux roches de très grande dureté, elle s'obtient en creusant une série de trous de 6 à 8 centimètres de diamètre, aussi rapprochés que possible (voir fig. 2), et en enlevant au moyen de fleurets plats dits scies les intervalles qui restent entre ces trous. Pour travailler avec ces fleurets, on supprime la rotation au piston du perforateur.

Par le second moyen, la rainure s'obtient directement en procédant de la manière suivante :

On commencera par creuser les deux trous A et B du diamètre de 6 à 8 centimètres (voir fig. 3 et 3 *bis*). Ces trous ont pour effet de faciliter la marche régulière de la rainure dont ils limitent la grandeur;

il convient de les remplir pendant l'achèvement de la rainure, par une broche en bois.

Après cela, en se servant de fleurets spéciaux, on fait fonctionner le perforateur comme s'il s'agissait de forer un trou ordinaire, tout en le faisant continuellement voyager du trou A au trou B et réciproquement.

Ce mouvement de va-et-vient du perforateur est ordonné par l'une des vis sans fin de la bossoyeuse, et ce déplacement continu a pour résultat de juxtaposer les coups de fleurets qui, au lieu de forer un trou, taillent une rainure.

Les rainures peuvent, à volonté, se faire horizontales ou verticales, l'expérience dans les roches à traverser indique à laquelle des deux positions il faut donner la préférence.

Le havage ou déchaussement de la roche étant fait sur toute la largeur du front de taille et sur une profondeur d'au moins 80 centimètres, l'abatage de la roche s'opère au moyen de l'aiguille-coin. A cet effet, on creuse les trous pour les coups de coins à une profondeur de 90 à 95 centimètres, et à un diamètre de 80 à 85 millimètres; le placement des aiguilles-coins dans les trous d'abatage se fait comme l'indique la figure 1.

Cela étant fait, le fleuret est enlevé et remplacé par la masse qui agit alors comme marteau pour enfoncer le coin et faire éclater la roche.

Avant d'introduire le coin entre les aiguilles, il convient de l'enduire de suif sur ses faces planes.

Le prix de revient de l'abatage par la bossoyeuse et l'aiguille-coin, tant dans le creusement des galeries à travers banc, que dans le bosseyement des voies en veine, n'est pas plus coûteux qu'avec l'emploi de la poudre, et l'avancement est généralement plus considérable et plus certain que par le travail à la main.

Ce mode d'abatage qui fonctionne exclusivement aux mines de Marihaye, est aussi appliqué avec grand succès dans les charbonnages de la société Cockerill, ainsi que dans les mines de Blanzy et celles de Trélys en France et il y a lieu de croire que l'emploi de la bossoyeuse se répandra rapidement.

De l'emploi des bossoyeuses lorsque l'on se sert de poudre ou autre agent explosif. — L'emploi de la bossoyeuse n'est pas limité à l'application que nous venons de signaler, car son rôle est, au contraire, tout indiqué dans le percement des tunnels ou galeries quelconques, même lorsque l'on n'a pas à craindre l'emploi des agents explosifs; en effet, la facilité que cet appareil présente pour créer mécaniquement une rainure assure d'une manière certaine l'effet des premiers coups de mine et le déchaussement de la roche et permet ainsi de réaliser une notable économie et surtout d'augmenter la rapidité d'avancement.

Ainsi la même machine permet à volonté de se servir des explosifs en réalisant une économie certaine, ou bien elle permet de ne renoncer à leur usage que lorsque la présence du grisou les rendrait dangereux.

Il n'est sans doute pas inutile d'ajouter que ces appareils viennent de valoir aux inventeurs, MM. Dubois et François, un diplôme d'honneur à l'exposition d'Amsterdam.

Nous espérons avoir l'occasion de reparler ici de ces appareils, en fournissant des prix de revient comparatifs avec le travail à la poudre ou autres agents explosifs.

CENTENAIRE

DES

FRÈRES MONTGOLFIER

Le 13 août dernier, le centenaire des frères Montgolfier a été célébré à Annonay. Le comité Annonéen, pour l'organisation des fêtes, présidé par M. Augustin Seguin, membre de la Société, avait invité le Président de la République à présider lui-même à l'hommage rendu à la mémoire des frères de Montgolfier. M. le colonel Perrier, membre de l'Institut, fut délégué par le chef de l'État pour le représenter et présider à sa place.

Parmi les invités se trouvaient MM. Dupuy de Lôme, délégué de l'Académie des sciences ; Tisserand, délégué de l'Observatoire de Paris; le colonel Laussedat, délégué du Conservatoire des Arts et Métiers ; les Sénateurs et Députés de l'Ardèche ; le Maire d'Annonay ; W. de Fontvielle et Albert Tissandier, délégués de la Société des Aéronautes ; Bérard, secrétaire du comité des Arts et Manufactures et le colonel Sebert, tous deux délégués de la Société d'Encouragement ; Ivan Flachat, Henri Chevalier, et Rey-Herme, délégués de la Société des Ingénieurs civils, etc., etc.

Les fêtes ont été très solennelles et fort belles. Le vendredi soir, 10 août, une retraite aux flambeaux a parcouru la ville ; le samedi a eu lieu l'enlèvement d'un ballon monté, emportant un voyageur d'Annonay, fort applaudi à son entrée, le même soir, dans la salle de l'Hôtel de Ville où un concert était offert aux invités. Une cavalcade costumée avec chars allégoriques et historiques fit, le dimanche, une quête pour les pauvres de la ville, et M. Laurent de Montgolfier offrit dans son château une très belle soirée avec bal, illuminations et feu

d'artifice. Enfin, le lundi 13, eut lieu l'inauguration,du monument érigé aux frères de Montgolfier, avec les discours officiels et le concours des fanfares civiles et militaires et des orphéonistes. Un banquet, suivi d'un feu d'artifice, termina les fêtes le même soir en réunissant, dans les salons de l'Hôtel de Ville, les invités, les membres du comité, et les principaux membres de la famille de Montgolfier.

A ce banquet, M. Ivan Flachat a porté le toast suivant :

Messieurs,

Je vous propose de boire ensemble *à la gloire, aux succès, à la prospérité de tous les Montgolfier, présents, passés et futurs.*

Dans la pensée que ce que je pouvais dire serait infiniment mieux dit par les honorables personnalités qui ont pris la parole avant moi, j'étais disposé à m'abstenir et à écouter. C'est sur l'invitation gracieuse qui m'a été faite, cette après-midi même, que je viens vous entretenir, un peu à l'improviste, au nom des Sociétés que j'ai l'honneur de représenter ici et qui ne sauraient s'abstenir en cette circonstance solennelle.

Je vous apporte, d'une part, les vœux de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale, dont un grand nombre est ici parmi nous. Vous connaissez tous, Messieurs, cet établissement dont la mission est de former des chefs d'industrie, des directeurs d'usine, des ingénieurs-constructeurs, mécaniciens, chimistes et métallurgistes ; car ce sont là les quatre spécialités de son enseignement. Chose remarquable, ce sont aussi les quatre spécialités des frères Montgolfier dont nous célébrons aujourd'hui le centenaire, puisque, par les aérostats, le bélier hydraulique et les papeteries, ils étaient à la fois, constructeurs-mécaniciens, chimistes et métallurgistes. C'est donc, à leur exemple, on le dirait vraiment, qu'en 1829, les fondateurs de l'École centrale ont modelé leur enseignement. Cet enseignement s'est toujours maintenu depuis lors ; il est, depuis cinquante ans, resté conforme au génie créateur et prime-sautier des Montgolfier, à tel point qu'aujourd'hui, parmi les anciens élèves, on en compte au moins six qui portent ce nom célèbre.

Je vous apporte, d'autre part, les vœux de la Société des Ingénieurs civils. Cette Société, fondée sous la République de 1848, a pour objet principal l'avancement de la science de l'ingénieur. La profession d'in-

génieur civil est toute de liberté, elle synthétise au plus haut degré la puissance de l'initiative individuelle ; aussi, la Société peut-elle à bon droit s'enorgueillir de compter l'illustre Giffard, hier parmi nos collègues, aujourd'hui parmi ses bienfaiteurs. Vous savez tous la persévérance avec laquelle cette grande intelligence s'était attachée à la recherche du problème de la direction des aérostats. Par une coïncidence singulière, la pièce montée qui est sous mes yeux représente précisément le modèle de son invention, invention qui a servi de point de départ aux études que poursuivent en ce moment même, MM. Tissandier. Les indications qu'il a données sont encore aujourd'hui classées parmi les meilleures, et l'on peut faire à son sujet un rapprochement précieux, En dehors des aérostats, Giffard et Montgolfier ont appliqué leur génie inventif : ceux-ci au bélier, celui-là à l'injecteur, et ces deux engins ont semblé, chacun à son tour, un défi lancé à la science mécanique ; la théorie n'ayant prévu ni pour l'un, ni pour l'autre, les combinaisons utilisées par ces féconds initiateurs.

Je vous apporte enfin mes vœux personnels ; puisque j'ai l'honneur de compter parmi mes meilleurs amis plusieurs membres de cette famille des Montgolfier, qui comprend aujourd'hui les Seguin, les Étienne, les de Canson, les Roux, les Giraud, les Mignot, les Bechetoile et d'autres encore. Je puis bien dire que ce que j'admire le plus, dans cette grande famille, est cette parfaite honorabilité qui ne s'est pas démentie un seul instant à travers toutes les vicissitudes de la fortune. C'est notre exemple à tous, ingénieurs, industriels, chefs d'ouvriers, commerçants ! Il semble que la bénédiction d'en haut soit venue confirmer le jugement des hommes, et de nombreuses générations pourront encore longtemps constater que ce nom est vaillamment, courageusement et honorablement porté ; et qu'il est, en définitive, un des beaux noms dont la France se pare aux yeux de l'Univers.

Vous conviendrez avec moi, que pour avoir atteint cette situation enviable et honorée, les femmes ont été et sont encore assurément pour quelque chose ; et comme dans une ville qui porte pour devise : *Cives et semper cives*, les ingénieurs civils ne sauraient manquer de civisme ni de civilité ; je vous demande de joindre à mon toast *à la gloire, aux succès et à la prospérité de tous les Montgolfier*, cet autre qui ne fait qu'un avec le premier : *Aux dames d'Annonay !*

NOTICE

SUR

M. ALQUIÉ

PAR M. **CONTAMIN.**

Nous avons perdu, le 5 septembre dernier, un ami et un collègue que notre Société s'honorait de compter au nombre de ses membres, et dont l'École centrale se montrait on ne peut plus fière.

ALQUIÉ, dont le nom se rattache d'une manière si intime à tous les progrès accomplis dans notre grande industrie des chemins de fer, était non seulement un ingénieur du plus grand mérite, à l'intelligence vive et ouverte à tous les progrès, mais aussi un camarade des plus sympathiques.

ALQUIÉ (Augustin) est né à Paris, le 4 septembre 1819. Son esprit avait la netteté et la rectitude qui conviennent aux sciences exactes; il était merveilleusement doué pour en rendre les découvertes pratiques et fécondes ; aussi, ses études au lycée Saint-Louis terminées, s'est-il dirigé vers l'École centrale, qui, fondée depuis quelques années seulement, apparaissait déjà aux esprits éclairés comme l'un des instruments les plus puissants pour vulgariser la science, et faire de celle-ci la source la plus abondante des progrès si remarquables que notre industrie et notre commerce devaient accomplir pendant ces cinquante dernières années.

Il en sortait le premier en 1841, y laissant d'excellents souvenirs comme élève. Il y avait contracté les meilleures relations avec ses camarades qu'attiraient la franchise de son caractère, la vivacité de son esprit et le dévouement qu'il savait montrer à ses amis.

C'est par la construction, pour son compte, d'un pont à péage sur la Marne, à Champigny, qu'il a débuté dans la carrière d'ingénieur et, singulier rapprochement, c'est par la reconstruction de ce même pont qu'il a terminé la série des grands travaux qu'il a eu à étudier et à faire exécuter.

Ses premières études sur les voies et le matériel des voies ont eu pour objet la construction du chemin de fer industriel de Commentry à Montluçon ; mais il quittait bientôt la Société concessionnaire de ce chemin et entrait, le 1er novembre 1845, au chemin de fer du Nord, où il était appelé par M. Petiet, qui s'était trouvé à même d'apprécier à plusieurs reprises le cachet tout spécial qu'il savait donner à ses études.

Il s'y faisait bien vite remarquer par sa facilité à résoudre les questions qu'il avait à étudier et par le caractère scientifique et pratique des solutions qu'il proposait. Aussi était-il nommé, peu de temps après son entrée, chef du bureau des études, et, dès 1848, ingénieur inspecteur principal des travaux. Lorsque, quelques années après, la Compagnie créait un service spécial du matériel des voies, réunissant dans ses attributions non seulement l'étude et les commandes des matériaux nécessaires à la constitution de la voie et de ses appareils, mais aussi l'étude et la construction de tous les ouvrages métalliques, de tous les engins de levage, de pesage et de translation dans les gares et remises de toutes espèces, et enfin leur alimentation en eau et en gaz et l'établissement des communications électriques, c'est à Alquié qu'elle songea tout naturellement pour la direction de cet important service.

Discutant les questions avec sa lucidité d'esprit et son génie inventif, les examinant à tous les points de vue jusqu'à ce qu'il fût arrivé à se formuler une opinion sur la solution à adopter, et cette opinion admise, en tirant toutes les conséquences qu'elle comportait, il arrivait tout naturellement à donner aux types choisis un cachet tout spécial, toujours consacré depuis par l'expérience. Il est juste d'ajouter que ce travail de discussion et cette confiance dans les conséquences qu'on pouvait en espérer, lui étaient rendus faciles par le concours et les conseils qu'il trouvait auprès de son ingénieur en chef et ami, M. Couche, homme aussi modeste que profondément instruit, et remarquable par la justesse de ses conceptions et la sûreté de son jugement.

C'est ainsi qu'il lui a été donné de passer en revue et d'étudier toutes les questions qui se rapportent au matériel fixe des chemins de fer. L'un des premiers, il a préconisé d'emploi des rails Vignole, toutes les fois que la région forestière desservie par le chemin de fer, permet de se procurer, dans de bonnes conditions, des bois d'une essence dure. Et comme dans le cas particulier de la région du Nord, l'essence de bois la plus répandue est le hêtre, qui présente bien le caractère de dureté requis, mais ne peut être employé à moins de subir une préparation qui en augmente la durée, il s'est attaché à résoudre ce problème et a contribué, pour une grande part, à amener à leur état actuel de perfection les procédés de préparation de cette essence de bois au moyen du sulfate de cuivre et, dans ces derniers temps, par le procédé Blythe.

L'un des premiers, aussi, il a recommandé la substitution de l'acier au fer dès que les rails fabriqués avec ce dernier métal furent arrivés à ne plus pouvoir atteindre une durée compatible avec les exigences du trafic, et c'est à lui ainsi qu'à M. Couche, que la Compagnie du chemin de fer du Nord est redevable d'avoir commencé, dès 1866, la substitution en grand de son réseau, et d'être aujourd'hui de toutes les Compagnies, celle qui compte dans ses voies la plus forte proportion de rails en acier.

On s'est montré quelquefois étonné du choix fait par Alquié, d'un rail en acier ne pesant que 30 kilogrammes par mètre, mais il y a lieu de remarquer que ce rail, en service depuis plus de douze ans sur les lignes les plus fatiguées du réseau du Nord, a non seulement résisté, dans d'excellentes conditions, à une circulation des plus actives, mais que le choix de ce type a permis à la Compagnie de réaliser sur le prix d'établissement de ses voies une économie de près de vingt millions. Au prix actuel de l'acier, cette économie lui permettrait de remplacer, et au delà, les voies les plus fatiguées de son réseau, par des voies entièrement neuves et établies dans des conditions de résistance et de stabilité supérieures à toutes celles existantes à ce jour.

C'est à Alquié, enfin, que la Compagnie du Nord doit son type de grues roulantes avec charpente en bois, si économiques d'installation et d'un emploi si répandu ; c'est lui qui a imaginé les dispositions de ses plaques tournantes, et en grande partie, celles de ses appareils de voie et de ses signaux ; aussi lui accorda-t-elle, en récompense de ses longs et honorables services, le titre bien mérité d'ingénieur principal

honoraire, lorsque, subissant les premières atteintes de la longue et cruelle maladie qui devait l'enlever à l'affection de ses collègues et de ses amis, il demandait à se retirer et à quitter une position à laquelle il craignait ne plus pouvoir consacrer tout le temps qu'il aurait voulu lui donner.

Esprit des plus honnêtes et ouvert à tous les progrès, ingénieur vraiment digne de ce titre, profond patriote, père plein de sollicitude, Alquié laisse derrière lui l'exemple d'une vie bien remplie ; que son souvenir reste vivant parmi nous et que sa vie laborieuse et méritante soit citée comme exemple.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ARNOULT (PIERRE-MARIE-GUSTAVE)

DÉCÉDÉ A PARIS, LE 17 JUIN 1883

PAR M. AUGUSTE MOREAU.

G. Arnoult était né à Brie-Comte-Robert en 1841. Il fit ses études au lycée Charlemagne où il obtint de sérieux succès et entra à l'École centrale en 1861 pour en sortir en 1864. Il parcourut alors, comme tous ceux qui veulent posséder à fond les secrets de notre profession, les premières étapes si pénibles des travaux de construction des chemins de fer. C'est ainsi qu'il passa successivement par tous les grades inférieurs pour arriver à remplir le poste de chef de section des travaux neufs à la Compagnie des chemins fer du Nord.

C'est là que nous l'avons connu et que nous avons pu particulièrement apprécier, non seulement la valeur de l'Ingénieur, mais ces belles qualités du cœur de l'ami qui l'ont fait tant aimer par tous ceux qui l'ont approché.

En 1875, après avoir construit la section de Méru à Beaumont, il fut attaché comme ingénieur chef de service à la construction du chemin de fer d'Auvin à Calais, par notre collègue M. Émile Level, alors à la recherche d'une capacité pouvant mener à bien cette importante affaire d'environ 100 kilomètres. C'est sur les indications et les conseils de l'ingénieur en chef lui-même de la Compagnie du Nord, M. Mantion, que M. Level choisit Arnoult.

On sait avec quelle habileté ont été conduits et exécutés les travaux de cette grande ligne à voie étroite qui, aujourd'hui légendaire, passe, à juste titre, pour un des modèles du genre et attira lors de son

ouverture en août 1882 à M. E. Level et à Arnoult les chaleureuses félicitations de tous les administrateurs, ingénieurs, et membres du parlement qui la visitèrent. G. Arnoult justifia si bien la confiance dont il avait été l'objet, qu'à la fin de la période de construction, il était nommé ingénieur du matériel et de la traction de la même ligne.

C'est au moment où il allait être chargé de l'établissement de l'important réseau départemental de la Somme (300 kilomètres) qu'il fut si fatalement et si rapidement emporté.

CHRONIQUE

Sommaire. — Poids et dimensions des machines marines (*Suite et fin*). — Chemins de fer anglais. — Le trafic du Gothard. — Traverses de chemins de fer. — Incendies allumés par la foudre. — Machines des eaux d'Anvers.

Poids et dimensions des machines marines (*suite et fin*). — Il y a peu d'éléments d'incertitude dans l'évaluation de la résistance d'une enveloppe de chaudière et le calcul donne des résultats très dignes de foi. Le métal peut être considéré comme soumis à des efforts uniformes et, avec une surveillance convenable, on peut compter sur une fabrication suffisamment soignée. Le seul point laissant place à l'incertitude est l'effet de la corrosion et de l'usure des tôles; c'est ce qui a donné lieu à l'emploi de facteurs de sécurité très élevés, mais maintenant que la question de la corrosion est mieux connue et qu'on a des moyens d'y parer dans une certaine limite, on peut supposer que les chaudières marines conserveront leur résistance primitive pendant plus longtemps qu'autrefois et on admettra que, dans ce cas, on peut réduire notablement la valeur du coefficient de sécurité pour les enveloppes.

Pour les autres parties des chaudières, on peut apprécier leur résistance relative par les efforts qu'elles peuvent encore supporter, lorsque les chaudières sont arrivées à une usure qui oblige à les réformer. Dans les arsenaux du gouvernement on a l'habitude de soumettre à la pression hydraulique jusqu'à rupture une chaudière de chaque appareil condamné. L'auteur a eu souvent à faire cette opération et il a toujours trouvé que les parties qui cédaient les premières étaient les foyers et les chambres de combustion; il est donc porté à admettre que, tant qu'on conservera les dispositions actuelles de ces parties — et il ne paraît pas qu'il y ait aucune tendance à les modifier ni à augmenter les épaisseurs — il n'y a aucune raison d'employer pour les enveloppes un coefficient de sécurité supérieur à 5. Même avec cette valeur, on trouvera certainement que, lorsque les chaudières seront à bout de service, ce seront encore les foyers et les chambres de combustion où l'affaiblissement sera le plus grand, bien que ces parties aient en *apparence*, lorsqu'elles sont neuves, une beaucoup plus grande marge de sécurité que les enveloppes. Mais il ne faut pas perdre de vue que ces parties ont une cause d'affaiblissement, dont l'importance ne peut être connue, dans le travail à chaud nécessaire pour leur donner leur forme et de plus elles sont soumises, lorsque les chaudières sont en pression, à des efforts de dila-

tation et de contraction inégaux et de valeur inconnue. Les alternatives d'échauffement et de refroidissement sont aussi une cause importante de détérioration et les effets de corrosion sont certainement plus actifs sur les parties en contact avec les gaz de la combustion que sur les enveloppes; d'ailleurs les tôles sont en général plus minces et l'affaiblissement serait plus considérable proportionnellement à un degré égal de corrosion.

Le type actuel de chaudière marine constitue un générateur peu actif et peu économique. Même avec le tirage forcé par un jet de vapeur dans la cheminée, on ne brûle pas plus de 140 à 150 kilogrammes de combustible par mètre carré de surface de grille par heure et on n'utilise pour la vaporisation de l'eau que la moitié du calorique contenu dans le combustible. Souvent même plus de la moitié est perdue de diverses manières. Les chaudières cylindriques sont moins avantageuses que les anciennes chaudières à parois planes.

Pour arriver à réduire le poids des générateurs, il est nécessaire d'activer la combustion. Plus on brûlera de combustible par unité de surface de grille et par heure, plus les foyers pourront être réduits de dimensions à égalité de puissance. Dans les locomotives on brûle normalement de 400 à 450 kilogrammes par mètre carré de grille et, dans certains cas, encore plus. Cet avantage, combiné avec la réduction du volume d'eau, a conduit quelques ingénieurs à employer ce type de chaudières pour avoir des appareils plus légers. M. Thornycroft a été un des premiers à employer ce genre de générateurs dans ses torpilleurs à grande vitesse, le tirage forcé y est déterminé par la mise sous pression de chambres de chauffe closes. L'air y est refoulé par un ventilateur centrifuge à la pression de 8 à 12 centimètres d'eau. Dans des expériences faites à Portsmouth pour reconnaître la puissance de vaporisation de la chaudière d'un torpilleur de première classe, on a trouvé qu'avec une pression d'air égale à 75 millimètres d'eau, on pouvait brûler 290 kilogrammes de combustible par mètre carré de surface de grille et par heure, et, avec une pression de 125 millimètres d'eau, 460 kilogrammes.

Le seul navire de grande puissance sur lequel cette disposition ait été appliquée jusqu'ici en Angleterre, est le torpilleur à éperon *Polyphemus*. Les appareils moteurs ont été construits par MM. Humphrys et Tennant qui n'ont rien épargné pour les faire légers. On a notamment augmenté la vitesse des pistons et le nombre de tours de manière à arriver à toute puissance à 120 révolutions par minute, ce qui donne une vitesse de pistons de $3^{m},96$ par seconde. Chaque mètre cube de capacité de cylindres correspondant ainsi à 1,356 chevaux et chaque tonne de poids à 12,5 chevaux indiqués (80 kilogrammes par cheval), ces résultats dépassent de beaucoup ce qu'on avait réalisé de mieux jusqu'ici et l'expérience est certainement des plus instructives, tant au point de vue de la science qu'à celui de la pratique.

L'auteur ne pense pas que le type de chaudière des locomotives con-

vienne d'une manière générale pour la navigation, bien qu'il puisse rendre de grands services pour certains cas particuliers. Les lames d'eau sont trop étroites pour le service à la mer et il serait probablement difficile de prévenir le matelassage des parois planes des bottes à feu. La grande difficulté qu'on a éprouvée avec les chaudières de ce genre, même dans les essais, lesquels constituent à peu près tout le travail qu'on leur ait encore demandé, provient des fuites des tubes dans la plaque tubulaire de la botte à feu. On l'a constaté à la fois dans les torpilleurs et dans le *Polyphemus*. Cet effet provient de ce que la température élevée du combustible contre la plaque tubulaire dilate celle-ci et la force contre les extrémités des tubes; lorsque la combustion se trouve ralentie, l'effet contraire se produit et les tubes viennent à fuir. Ces fuites se produisent toujours lorsqu'après un parcours à toute puissance on modère la vitesse et on arrête le tirage forcé. De plus, avec ces chaudières lorsqu'on ouvre la porte du foyer, l'air froid vient frapper directement la plaque tubulaire sans avoir eu le temps de s'échauffer suffisamment comme dans les chaudières à retour de flamme.

Pour les pressions en usage aujourd'hui le type ordinaire de chaudières marines paraît être le plus convenable et il est probable qu'il y aura peu de modifications à y apporter pour aller jusqu'à 10 kilogrammes par centimètre carré, mais l'auteur croit que c'est la pression maximum à laquelle il pourrait convenir; si on trouvait nécessaire d'employer des pressions supérieures, il faudrait vraisemblablement recourir aux types de chaudières formées de tubes de petit diamètre contenant l'eau. Certains de ces types n'ont pas jusqu'ici donné de bons résultats, mais cela tient plus à des défauts de construction ou de conduite qu'au principe même. La chaudière à serpentin de Herreshoff a réussi sur des embarcations, et a réalisé la plus grande légèreté obtenue jusqu'ici. Sa sécurité est complète, mais il reste à démontrer qu'elle est applicable à des puissances un peu considérables.

Avec le type actuel de chaudières, il est nécessaire d'employer un tirage artificiel pour la marche à toute puissance, si on veut maintenir les générateurs dans des dimensions modérées. On ne connaissait jusqu'à ces derniers temps que le jet de vapeur dans la cheminée, procédé très coûteux, surtout avec les machines à condensation par surface.

Il y a actuellement d'autres méthodes, savoir :

1. Un ventilateur aspirant dans la cheminée;
2. Une injection d'air dans des cendriers clos;
3. Des injections d'air dans la base de la cheminée;
4. L'injection d'air dans des chambres de chauffe closes.

Le premier système est inapplicable dans la marine [1] parce que le venti-

1. M. B. Normand a employé dans quelques machines marines une hélice placée à la base de la cheminée et actionnée par une petite machine indépendante, ce qui constitue en réalité le ventilateur déclaré inapplicable par l'auteur anglais. A. M.

lateur dans lequel passerait la totalité des produits de la combustion devrait nécessairement avoir des dimensions inadmissibles dans la pratique.

L'emploi des cendriers clos avec injection d'air sous la grille est très efficace, mais on lui objecte que, si l'on ne prend pas certaines précautions lorsqu'on ouvre les portes des foyers, la flamme sort violemment et peut causer de graves accidents. Cette méthode serait probablement la meilleure combinée avec l'emploi d'appareils mécaniques pour l'alimentation des foyers.

On a essayé, avec succès, paraît-il, en France des jets d'air à la base de la cheminée ; cette application aurait été faite sur deux navires de la marine française, mais il n'a rien été publié de bien positif à ce sujet.

La dernière méthode, les chambres de chauffe closes et sous pression, employée d'abord sur les torpilleurs, a trouvé un accueil très favorable dans la marine royale ; on a disposé les chambres de chauffe de quelques navires de construction récente de manière à pouvoir, lors de la marche à toute puissance, fonctionner à tirage forcé à l'aide de ventilateurs.

Le *Satellite* construit à Sheerness est le premier navire qui ait reçu cet arrangement. Il a deux chambres de chauffe indépendantes, chacune desservant deux chaudières. Dans un essai de trois heures, le 11 mai 1882, avec la chambre d'avant fermée et une pression d'air de 25 millimètres d'eau, on a pu brûler 150 kilogrammes de combustible par mètre carré de grille et par heure, et développer 170 chevaux indiqués par mètre carré de grille, soit en tout 865 chevaux pour deux chaudières avec 95,38 tours à la minute. Dans un essai précédent, le 3 avril de la même année, avec tirage naturel, la combustion ne s'était faite qu'à raison de 90 kilogrammes par mètre carré et par heure, et la puissance développée avait été de 1,115 chevaux indiqués pour quatre chaudières. L'emploi du tirage forcé a donc permis d'augmenter la puissance des chaudières de 558 à 865, c'est-à-dire d'environ 55 pour 100.

On a fait à la même époque à Devonport des essais de l'*Héroine*, navire semblable au précédent. Le 30 mai dans un essai de six heures avec tirage naturel, on a développé 1,127 chevaux indiqués avec quatre chaudières et le jour suivant 693 chevaux indiqués avec deux chaudières, le tirage étant augmenté par quatre jets de vapeur dans chaque cheminée, l'accroissement a été dans ce cas de 23 1/2 pour 100, ce qui donne un résultat très inférieur à celui du *Satellite*.

En ce qui concerne la machine proprement dite, on peut estimer que l'extension de l'emploi de l'acier doit amener une réduction considérable dans les poids. On utilise depuis quelque temps l'acier d'une manière étendue pour les arbres, les tiges de pistons et les bielles motrices et on a encore réduit les poids des arbres en les évidant à l'intérieur. On a récemment substitué la fonte d'acier à la fonte de fer pour diverses parties des machines ; ainsi les pistons des appareils moteurs des croiseurs en acier en construction chez MM. R. et J. Napier, à Glasgow, sont faits en fonte

d'acier et leur poids n'est que la moitié de ce qu'il serait pour des pièces semblables en fonte de fer. On peut obtenir actuellement des pièces en acier doux très résistantes et exemptes de soufflures et le développement de ce genre de fabrication amènera une extension de l'emploi de l'acier avec le grand avantage de la réduction du poids des machines marines.

L'emploi du fer ou de l'acier forgé pour les bâtis des machines marines est très coûteux à cause du travail de main-d'œuvre qu'il nécessite et il ne convient que pour des cas spéciaux; avec la fonte d'acier, au contraire, cette difficulté disparaît et l'avantage de la légèreté par rapport à la fonte de fer reste entier; il ne reste donc qu'à obtenir cette matière à des prix assez modérés pour que l'usage s'en généralise.

Les machines du *Nelson*, étudiées par M. A.-C. Kirk, qui est actuellement à la tête des établissements de MM. R. et J. Napier, de Glasgow, comportent un des exemples les plus remarquables de bâtis en fer et acier établis d'une manière rationnelle et reliés à la coque du navire de manière à obtenir une grande légèreté.

On a obtenu dans ce cas un excellent résultat puisque le poids de ces machines ne ressort qu'à 47 kilog. 5 par cheval indiqué, alors que le poids moyen des machines du même type, à bâtis en fonte, est de 63 kilog. 4, soit un tiers en plus. Mais des machines de cette construction sont naturellement très coûteuses, non seulement par ce qu'il y a plus de travail, mais surtout parce que le travail et les matières doivent être de qualité supérieure.

Il est probable qu'on pourrait obtenir une réduction importante de poids en combinant le bâti de la machine et la membrure du navire à l'endroit où est celle-ci de manière à ne faire qu'un tout solidaire.

Actuellement le navire ne sert que d'appui pour porter la machine et la résistance transversale s'obtient par un excédent de force donnée aux parois du navire sans qu'on demande rien aux bâtis de la machine. Dans un mémoire important inséré dans le *Lloyd's Register*, sur les efforts transversaux dans les navires de commerce, lu à une récente réunion de l'*Institution of Naval Architects*, MM. Read et Jenkins signalaient la nécessité de renforcer les coques de navire dans le sens transversal dans l'emplacement des machines et des chaudières. Il serait très intéressant, surtout dans les navires de guerre, où la réduction de poids est si importante, d'étudier les machines pour que les bâtis soient combinés de manière à concourir à la résistance transversale du navire et à consolider la coque au lieu d'être simplement une charge pour elle.

Ce point a été signalé par M. F.-C. Marshall, de Newcastle, dans son travail sur les machines marines, lu à la réunion de l'*Institution of Mechanical-Engineers*, en août 1881. L'auteur s'exprimait ainsi : « On peut réaliser de grandes réductions dans les poids par une étude soignée et par un emploi judicieux des matières, ainsi que par la substitution de pièces entretoisées diagonalement et de bâtis reliés à la coque du navire aux massives plaques de fondation et colonnes des machines ordinaires de la ma-

rine marchande, » et plus loin : « La coque et la machine devraient être autant que possible rendues solidaires de manière à ne faire qu'un ; de la rigidité à un endroit et de l'élasticité à d'autres est la cause fréquente des avaries si coûteuses pour les armateurs. Dans de telles conditions la masse et la quantité des matières cessent d'être des qualités et on doit chercher à y substituer des formes bien étudiées et l'emploi de matériaux de qualité supérieure permettra de réduire considérablement les poids à résistance égale. »

Mais, quelque importante que soit la réduction de poids à laquelle on puisse arriver par l'emploi de formes bien étudiées et de matières plus résistantes, cette réduction est secondaire par rapport à celle que permet l'accroissement du nombre de tours et de la vitesse des pistons. Ces éléments ont été habilement utilisés par M. Thornycroft dans ses machines de torpilleurs qui, à toute puissance, font environ 440 tours par minute correspondant à une vitesse de piston de $4^m,48$ par seconde. Le poids total des machines avec chaudière et eau n'atteint que 27 kilogrammes par cheval indiqué. Dans l'*Inflexible*, le nombre de tours est de 71,5 et la vitesse de piston de $2^m,90$ par seconde ; le poids total ressort à 167 kilogrammes par cheval indiqué, Même dans le *Polyphemus* où on a cherché à se rapprocher autant que possible du type des machines de torpilleurs, le nombre de tours n'est que de 120 et la vitesse de piston de $3^m,97$; le poids total de l'appareil moteur est de 80 kilogrammes par cheval indiqué.

Dans cette partie de la question on rencontre de nombreuses difficultés provenant surtout de l'action des propulseurs. La théorie généralement admise suppose que l'hélice produit une pression correspondant à la poussée sur la buttée du propulseur.

Plus la quantité d'eau sur laquelle agit l'hélice est grande, plus la poussée sera considérable, aussi cherche-t-on à faire le diamètre de l'hélice aussi grand que possible eu égard aux conditions où doit se trouver le navire. Mais les frottements de surface et la résistance à la tranche sont très considérables avec ces grandes hélices et l'énorme masse d'eau sur laquelle elles opèrent ne permet pas aux machines qui sont attelées directement sur ces propulseurs de fonctionner à un grand nombre de tours.

Des expériences faites par feu M. Froude, semblent indiquer que plus de la moitié de l'énergie totale transmise à l'hélice est perdue par diverses causes. Il est dès lors probable qu'il y a place à de sérieuses améliorations dans les propulseurs, améliorations qui permettront une économie importante dans la force motrice employée. Une partie des pertes avec les hélices actuelles provient de l'accroissement de la résistance du navire dû à la réduction de la pression de l'eau sous l'étambot produite par l'hélice, de sorte qu'on peut espérer une amélioration notable, tant de modifications dans les formes du navire ou dans la position du propulseur que de changements dans la forme de celui-ci.

L'emploi d'ailes en acier au lieu de bronze ou de fonte, en réduisant les résistances, permet déjà une augmentation de vitesse ; mais il faut un chan-

gement plus radical pour réaliser un avantage sérieux. Il est probable qu'on pourra employer utilement dans certains cas des hélices de petit diamètre tournant rapidement. C'est ce qu'on a observé sur l'*Iris* où, par la réduction du diamètre des propulseurs de $5^m,65$ à $4^m,97$, la vitesse du navire a été portée de 16,577 nœuds à 18,573, la puissance indiquée étant très sensiblement la même dans les deux cas.

Il est à désirer que d'autres expériences soient faites dans cette voie, surtout avec les hélices jumelles, pour rechercher jusqu'à quelle limite peuvent être avantageuses la réduction du diamètre des propulseurs et l'augmentation du nombre de tours.

M. Thornycroft a patenté en 1879 une disposition qui a pour but d'accroître l'effet utile d'une hélice d'un diamètre donné. Le moyeu est très petit à l'avant et gros à l'arrière et derrière l'hélice est disposée une pièce de forme spéciale portant des ailes destinées à diriger l'eau déplacée par le propulseur. Autour de celui-ci et des ailes est un tube qui facilite l'accès de l'eau à l'hélice et la sortie de cette eau à l'arrière lorsqu'elle est refoulée par le propulseur.

M. Thornycroft, dans sa réponse à la discussion qui a suivi la lecture de son mémoire sur les torpilleurs à l'Institution of civil Engineers, en mai 1881, a indiqué qu'avec ce système, le diamètre du tube étant seulement de $0^m,91$, on avait pu utiliser une puissance de 400 chevaux indiqués en donnant au bateau une vitesse de 18 nœuds. Des canonnières à faible tirant d'eau portant des machines développant 400 chevaux indiqués ont généralement des hélices de $2^m,75$ de diamètre. M. Thornycroft calculait que deux propulseurs de son système, chacun de $2^m,15$ de diamètre, pourraient utiliser 45,000 chevaux indiqués et donner à un navire une vitesse de 40 nœuds. Il faut dire que pour cela il est nécessaire que l'eau afflue sans difficulté sur les hélices et que cette condition ne serait pas toujours remplie avec les formes actuelles, mais il y a évidemment beaucoup à faire dans cet ordre d'idées et une série d'expériences bien conduites peut seule donner les connaissances suffisantes relativement aux avantages à attendre de ces modifications dans les formes des coques et des propulseurs pour l'effet utile de ces derniers.

Jusque-là on continuera vraisemblablement à employer avec peu de changements de détails les hélices actuelles marchant à un nombre de tours relativement faible. On peut se demander s'il ne serait pas à propos, pour alléger les machines, de renverser ce qui a été fait au début de l'emploi de l'hélice, c'est-à-dire d'interposer entre le propulseur et la machine un engrenage ralentisseur de manière à faire tourner l'appareil moteur plus vite que l'hélice[1]. Il y a des objections sérieuses à ce plan, mais il est possible que les avantages surpassent les inconvénients et on pourrait, en cas

1. Il a été construit un certain nombre de machines de ce genre, par notre collègue M. B. Normand, vers 1870. — On trouvera quelques détails à ce sujet dans les Mémoires et Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils, année 1871, pages 313 et 330. A. M.

de succès, réduire d'une manière notable le poids et l'encombrement des appareils moteurs à puissance égale.

Les machines d'un torpilleur de première classe, fonctionnant à 438 tours par minute, pèsent 4,300 kilogrammes pour 460 chevaux indiqués, soit 9,5 kilogrammes environ par cheval indiqué. Les canonnières de la marine anglaise développent à peu près la même puissance; les machines pèsent, sans les chaudières et les propulseurs, 27 tonnes, soit plus de six fois le poids des machines du torpilleur pour la même puissance. Dans ces dernières les cylindres ont $0^m,325$ et $0^m,530$ de diamètre et $0^m,305$ de course tandis que les machines des canonnières ont des cylindres de $0^m,710$ et $1^m,210$ de diamètre et $0^m,457$ de course. La vitesse des pistons est de $4^m,45$ par seconde pour les premières et de $1^m,92$ seulement pour les secondes. Il est donc évident que si on pouvait remplacer les machines des canonnières par celles des torpilleurs et actionner l'hélice par l'intermédiaire d'engrenages, on réaliserait une réduction considérable dans le poids et l'encombrement de l'appareil moteur.

Il est difficile d'indiquer d'avance jusqu'à quelle limite cette disposition est applicable; mais il est certain que la seule ressource sérieuse pour la réduction du poids des machines est l'accroissement de la vitesse, et le seul moyen d'augmenter la vitesse, avec les hélices actuelles, est de faire tourner les machines plus vite que les propulseurs en interposant entre deux une transmission par engrenages. L'expérience seule indiquera l'influence de cet arrangement sur l'effet utile des hélices et il est bien à désirer que cette question soit élucidée pour qu'on puisse en reconnaître les avantages et les inconvénients.

Avec des machines à grande vitesse de révolution, on doit se préoccuper de l'uniformité des résultats d'efforts sur les manivelles et pour cela on doit prendre en considération les poids des pièces animées de mouvements alternatifs.

Les ordonnées des diagrammes d'indicateur ne donnent que les efforts sur les pistons; pour obtenir les efforts correspondants sur les boutons de manivelles, il faut combiner avec le diagramme d'indicateur un tracé donnant le travail dépensé pendant l'accélération et restitué pendant le ralentissement des pièces animées d'un mouvement alternatif. On voit donc que la résistance des pièces n'est pas le seul point à envisager dans le calcul des dimensions à leur donner, mais que leur poids est encore à considérer, pour que, dans le fonctionnement à la vitesse maxima, on puisse obtenir une uniformité satisfaisante dans les efforts tangentiels sur les boutons de manivelles. On ne peut ici qu'indiquer cette question qui a une très grande importance, car c'est là que réside la seule cause de différence entre une machine à mouvement régulier et une machine fonctionnant avec des secousses et des chocs qui rendent sa marche des plus incommodes.

Il y a un autre point à considérer au sujet de l'accroissement probable des pressions aux chaudières, accroissement qui n'affecte pas seulement l'économie de vapeur, mais encore les efforts sur les pièces fixes et mobiles

des machines. Les appareils Compound ordinaires à deux cylindres, fonctionnant à des pressions initiales de 5 à 6 kilogrammes par centimètre carré sont actuellement, eu égard à l'expansion et aux différences de température dans un même cylindre, sensiblement dans les conditions où se trouvaient les machines ordinaires marchant à 2, 5 et 2, 75 kilogrammes, lorsqu'elles furent remplacées par les machines Compound. Si donc on dépasse les pressions indiquées plus haut, on trouvera nécessaire de diviser la détente entre trois cylindres pour accroître son effort utile pratique et pour réduire les pressions initiales sur les pièces de la machine. On a déjà fait l'essai de ce genre de machines sur plusieurs navires[1], entre autres sur le steamer *Aberdeen* construit par M. R. et J. Napier, de Glasgow, dont l'appareil moteur à triple expansion fonctionne avec de la vapeur à 9 kilogrammes de pression.

Si on laisse de côté ce type de machines qui n'est pour ainsi dire encore qu'à l'état d'expérience, on doit néanmoins reconnaître que d'immenses progrès ont été réalisés dans les machines marines sous le rapport qui fait l'objet spécial de ce travail. On peut résumer ces progrès par la comparaison des appareils moteurs du *Rhadamanthus*, construit en 1832, et dont il a été question au début de ce travail, avec ceux de la *Cléopatra* construite en 1878. Les premiers pesaient 275 tonnes et développaient 400 chevaux indiqués, soit 685 kilogrammes par cheval. Les derniers pèsent 357 tonnes et développent à toute puissance 2,610 chevaux indiqués, ce qui fait 136 kilogrammes par cheval. On en conclut que des machines du type de la *Cléopatra* et du poids de celles du *Rhadamanthus* développeraient 2,011 chevaux, soit plus de cinq fois la puissance de ce dernier navire. Les essais récents du *Satellite* permettent d'affirmer qu'avec le tirage forcé obtenu par des chambres de chauffe closes on peut réaliser, à poids égal, six fois au moins la puissance des anciennes machines.

Un autre point à signaler est l'énorme accroissement dans la puissance des machines marines. Ainsi le *Terrible*, qui fut un des navires de guerre les plus remarquable de son époque, obtenait une vitesse de 10 nœuds en développant moins de 2,000 chevaux indiqués. L'aviso rapide l'*Iris* obtient avec une puissance de 7,700 chevaux indiqués une vitesse de 18 1/2 nœuds. Plusieurs navires de construction récente ont reçu des machines capables de développer 10,000 chevaux indiqués.

Le *Terrible* était aussi avancé pour son temps que le sont aujourd'hui l'*Iris* et l'*Inflexible*. Doit-on conclure que la même progression se produira? Il serait difficile de trancher la question, mais on peut dire que, pour réaliser de nouveaux progrès importants, c'est du côté des chaudières et des propulseurs qu'il devra se produire les modifications les plus radicales.

Chemins de fer anglais. — La circulation des voyageurs sur les chemins de fer anglais s'est accrue d'une manière extraordinaire, mais ce

1. Voir les Comptes rendus de décembre 1882, page 610.

qu'il y a de plus remarquable est la modification profonde qui s'est opérée dans la répartition des voyageurs entre les différentes classes; c'est la dernière qui profite entièrement de l'accroissement. Si on prend par exemple le London and North-Western, qui est la première ligne en Angleterre au point de vue du transport des voyageurs, on trouve que, dans le premier semestre de 1882 il a transporté 1,199,068 voyageurs de première classe, contre 1,186,134 seulement dans la même période de 1883, ce qui donne une diminution de 13,000 environ. Pour les mêmes périodes, on a, en 1882, 1,964,212 voyageurs de deuxième classe, et, 1883, 1,962,244, ce qui donne encore une diminution, quoique très légère, Mais, si on passe à la troisième classe, on trouve que le nombre a passé de 21,244,402 pour le premier semestre de 1882 à 22,347,892 pour la période correspondante de 1883, soit environ un million de voyageurs en plus.

Pour le Lancashire et Yorkshire, on trouve, pour les six premiers mois de 1882, 875,347 voyageurs de première classe et 771,568 pour la même période de 1883, soit 100,000 de moins; pour la deuxième classe il y a eu pour le premier semestre de 1882, 1,301,838 et 150,000 de moins pour la même période de cette année, tandis que la troisième classe a donné pour le premier semestre de 1883 une augmentation de 312,000 voyageurs sur les six premiers mois de l'année précédente.

Le trafic du Gothard. — Nous avons donné, dans la Chronique de mai, page 740, les recettes de la ligne du Gothard jusqu'au mois d'avril inclusivement. On trouvera ci-dessous les recettes de mai qui complètent l'année du 1er juin 1882 au 31 mai 1883, le total de cette année et les recettes des mois suivants.

	RECETTES				AUGMENTATION pour 100 sur l'année précédente
	Voyageurs	Marchandises	TOTALES	par kilomètre et par mois	
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Mai 1883.....	428.000	472.000	900.000	3.383	264.2
TOTAL DE L'ANNÉE 1882-1883	4.481.000	5.269.000	9.750.000	MOYENNE. 3 128	
Juin 1883.....	330.000	430.000	760.000	2.857	+ 17.1
Juillet.....	600.000	420.000	1.020.000	3.835	+ 30.4
Août.....	610.000	472.000	1.082.000	3.947	— 0.7
Septembre.....	605.000	435.000	1.040.000	3.910	— 3.6

On voit que le total de la première année d'exploitation de la ligne

entière après l'achèvement du grand tunnel correspond à une recette brute de 37,486 francs par kilomètre.

Les recettes des premiers mois du second exercice sont en progression notable sur les mois correspondants de l'exercice précédent, et il faut tenir compte de la plus grande longueur kilométrique exploitée, le total étant depuis le 1er janvier 1883 de 266 kilomètres, soit 16 de plus qu'en 1882. Les recettes provenant des voyageurs représentent, pour l'année écoulée, 46 pour 100 des recettes totales; mais on voit que les recettes des marchandises sont actuellement en forte progression, puisqu'alors que les recettes totales pour juin, juillet, août et septembre ont augmenté de 26,4, 37,8, 14 et 8,8 pour 100, par rapport à l'exercice précédent, les augmentations pour les marchandises s'élèvent à 58, 32,5 32,6 et 12,7 pour 100; celles des voyageurs n'ont été pour ces mois que de 0, 27, 2,6 et 4,5 pour 100.

Traverses de chemins de fer. — A une des dernières réunions de l'Association des Chemins de fer allemands, M. Claus a fait une communication sur les traverses de chemins de fer. L'emploi des voies avec traverses ou longrines en fer est encore très restreint, malgré les avantages de ce mode d'établissement.

La question du bois reste donc toujours des plus importantes. Il est à remarquer que le hêtre est peu employé en Allemagne; alors qu'il joue comme essence un rôle important, puisque 17 pour 100 des arbres qui forment les forêts de l'Allemagne et de l'Autriche sont des hêtres, il ne figure que pour 1 et 3 pour 100 dans les traverses des chemins de fer de ces pays.

L'expérience a prouvé que le hêtre ne résiste pas suffisamment sans être injecté; il ne dure que 2 ans et demi à 3 ans, tandis que la durée du pin naturel atteint 7 à 8 ans et celle du chêne 14 à 15. Les traverses de hêtre injectées avec de la créosote, substance qui a donné le meilleur résultat, ont atteint sur le chemin de fer de Cologne-Minden une durée de près de 18 ans. Le chlorure de zinc réussit moins bien et l'injection au sulfate de cuivre et au sulfate de baryte est celle qui prolonge le moins la durée du hêtre. Dans les contrées de l'Allemagne où le hêtre est abondant, en Hanovre, par exemple, une traverse en hêtre injectée ne coûte que la moitié du prix d'une traverse en chêne préparé. Le principal obstacle à l'emploi du hêtre semble être l'inégalité d'altération qui fait qu'une traverse peut être profondément attaquée à l'intérieur alors que l'extérieur paraît être dans un état satisfaisant de conservation.

En France, on emploie beaucoup plus de hêtre. M. Claus a donné des détails sur le procédé très employé de thermo-carbolisation, dû à M. John Blythe, de Bordeaux.

Dans cette méthode, on commence par sécher les traverses jusqu'à un certain degré, puis on les place dans des récipients clos où elles sont exposées pendant un temps variant de cinq à six minutes à l'action d'un courant de vapeur d'eau mélangée de vapeur de créosote. On introduit ensuite

de la creosote dans les récipients, et cette créosote est refoulée par la pression de la vapeur dans les pores des traverses dont chacune absorbe 10 à 12 kilogrammes d'huile. M. Claus considère que ce procédé n'amenant pas l'imprégnation complète du cœur de la traverse est inférieur à celui de M. Rutgers qui est d'un emploi général en Allemagne. Dans ce dernier procédé, les traverses sont d'abord placées dans une étuve progressivement chauffée jusqu'à 130 degrés centigrades et y sont laissées jusqu'à ce qu'elles ne donnent plus traces de vapeur d'eau, le temps minimum étant de quatre heures. Elles sont alors introduites dans les récipients en fer et à fermeture hermétique dans lequel on fait le vide en y laissant entrer du goudron mélangé de créosote chauffé par des tubes en fer où passe de la vapeur. On établit ensuite la pression avec une pompe foulante et on la maintient jusqu'à ce que chaque traverse ait absorbé 18 kilogrammes d'huile, chiffre bien supérieur à celui du procédé Blythe et qui indique par conséquent une imprégnation beaucoup plus complète.

M. Rutgers, qui était présent à cette réunion, a donné quelques explications complémentaires ; il a dit qu'une expérience prolongée avait fait constater le bon effet des traverses en hêtre, tant sur les lignes principales que sur les lignes secondaires ; cependant on doit reconnaître que cette essence est sujette à la pourriture sèche et l'imprégnation est alors sans effet. Pour mettre le bois à l'abri de cette éventualité, il faut le dessécher à une température assez élevée ou le laver par la vapeur. La première opération a l'inconvénient de risquer de fendre le bois, de sorte qu'on préfère généralement échauffer celui-ci jusqu'au cœur avec de la vapeur à plus de 100 degrés et le laver aussi complètement que possible. Si on doit injecter ultérieurement les traverses, on doit d'abord les laisser sécher, ce qui demande au printemps et en été de deux à trois mois. Les traverses en hêtre traitées de la sorte sont aussi bonnes que celles de n'importe quelle essence et leur emploi doit être recommandé, bien que leur prix soit un peu plus élevé que celui des traverses de pin. On doit conseiller l'usage de selles en fer ou de coussinets pour prévenir l'effet mécanique de destruction des rails sur les traverses.

Incendies allumés par la foudre. — Un incendie produit par la foudre ayant, dans le canton de Neuchâtel, consumé une maison dont le grenier contenait un dépôt de vieux fer, notre collègue, M. le professeur Colladon, fut consulté sur l'influence qu'avait pu avoir ce dépôt par une association qui s'occupe activement dans la Suisse romande de recueillir et de publier dans un journal mensuel, *la Défense*, des documents sur les causes des incendies et sur les moyens qui peuvent servir à les prévenir ou à les combattre.

M. Colladon estime que dans l'espèce le dépôt de fer n'a eu qu'une influence nulle ou bien minime pour attirer la foudre sur le bâtiment, tout en admettant qu'il est possible qu'il ait été une cause secondaire de l'incendie.

On n'a pas, en effet, constaté que les maisons pourvues de toitures métalliques, avec ou sans paratonnerre, soient plus souvent atteintes par la foudre que celles qui sont couvertes en tuiles ou autrement. Mais, lorsqu'une maison, qui n'a pas de bon conducteur métallique allant du toit jusqu'au sol humide, est frappée par la foudre, le courant électrique peut se répandre à l'intérieur et alors les corps métalliques qu'elle contient ont une influence notable sur son parcours et peuvent être la cause déterminante d'un incendie, parce que le courant en circulant dans le bâtiment avant de passer dans le sol peut sauter d'un conducteur à l'autre et enflammer les corps combustibles intermédiaires à la manière de l'étincelle électrique qui jaillit entre deux pôles. Il est probable que c'est ce qui s'est produit dans le cas dont il s'agit.

M. Colladon profite de cette occasion pour rappeler l'importance d'établir pour toute maison isolée et que l'on suppose pouvoir être foudroyée une communication métallique sérieuse entre le faîte et le sol humide. Il rapporte à l'appui le fait ci-après :

Le 15 août dernier, la foudre tomba sur une propriété située à Bourdigny, près de Genève, et un bâtiment de ferme fut entièrement consumé avec toutes les récoltes qu'il contenait.

La partie supérieure du toit de ce bâtiment était recouverte dans toute sa longueur d'une faîtière en fer-blanc. Le toit était supporté par une charpente entièrement en bois, sauf les poinçons formés de barres de fer reliant les entraits avec le faîtage. Au-dessous des entrait et jusque près d'eux, le grenier était rempli de foin.

Au côté nord du grenier était placé un réservoir d'eau en fer communiquant avec le sous-sol par des conduites métalliques. A l'extrémité du même côté d'un des entraits était fixé un gros fil de fer horizontal sur lequel pouvait courir une poulie métallique reliée à une chaîne à laquelle était attaché un chien de garde.

La foudre, après avoir frappé la faîtière métallique, a dû descendre par les poinçons en fer, de là ne trouvant plus de bon conducteur, elle a en majeure partie sauté sur le réservoir métallique en enflammant le foin, tandis qu'une plus petite partie suivant l'entrait a gagné le fil métallique et la chaîne et passé dans le sol en foudroyant le chien.

Il aurait suffi pour prévenir le mal de relier le réservoir au poinçon le plus voisin par une tige de fer d'un centimètre carré de section ou de cuivre d'un demi-centimètre carré.

On doit donc en général mettre en communication avec le sol les pièces métalliques isolées qui se trouvent placées dans les bâtiments ou qui entrent dans leur construction.

Machines des eaux d'Anvers. — Nous avons donné dans les comptes rendus de janvier, page 142, quelques détails sur la distribution d'eau d'Anvers. Voici un renseignement intéressant sur le fonctionnement des machines de cette distribution. Ce sont des machines Woolf à balancier

donnant 170 chevaux en eau montée; les cylindres à haute pression ont 0m,470 de diamètre et 1m,100 de course; les cylindres à basse pression 0m,760 et 1m,660. La vapeur est fournie à la pression de 4 1/2 atmosphères effectives. Les générateurs sont des chaudières tubulaires à flamme directe de 2 mètres de diamètre et 7 mètres de longueur ayant chacune deux foyers intérieurs circulaires de 0m,75 de diamètre avec retour de la fumée autour de la partie extérieure.

A l'origine, l'eau d'alimentation était prise dans la bâche de la pompe à air et refoulée par les pompes alimentaires dans un réchauffeur précédant les chaudières; on trouvait dans celles-ci des incrustations et des boues; on a changé le mode d'alimentation en prenant l'eau dans la conduite de refoulement qui est à une pression de 5 atmosphères, après les filtres et en l'introduisant directement dans le réchauffeur sans l'intervention de pompes alimentaires. Les incrustations ont été ainsi entièrement supprimées. Le même effet a été observé sur les machines élévatoires des East London Water Works; une des chaudières alimentée avec l'eau du condenseur avait des dépôts adhérents, l'autre recevant directement l'eau filtrée de la conduite de refoulement ne contenait que des boues sans consistance.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT 1883.

Rapport de M. DAVANNE sur les **procédés de gravure typographique de** M. GILLOT.

Ces procédés qui sont aujourd'hui extrêmement répandus et qui ont pris de l'auteur le nom de *gillotage* ont crée une véritable révolution dans l'illustration des ouvrages, surtout depuis le concours que leur a apporté la photographie.

Le principe consiste à obtenir sur zinc l'image à graver, soit directement, soit par la photographie, soit par reports, avec une substance, encre, bitume ou vernis, formant réserve. La planche est alors soumise à la morsure de l'acide qui se fait par des mises en œuvres successives et avec des bains à

divers états de saturation. On recommence l'opération huit, dix ou douze fois en augmentant à chaque fois l'acidité du bain. La gravure d'une pièce demande environ quatre heures.

Comme on l'a indiqué, la photographie est devenue l'accessoire indispensable du gillotage. Les épreuves se font au collodion humide et sont reportées sur le zinc; on se sert, pour empêcher l'échauffement, lorsqu'on emploie la lumière électrique, des châssis à double glace avec circulation d'eau entre les deux.

En somme les procédés de M. Gillot constituent aujourd'hui une industrie générale qui a seule permis d'illustrer à prix modérés les livres d'art et de science, et de reproduire à un bon marché incroyable les ouvrages des grands maîtres.

Notice sur le travaux de M. de La Gournerie, par M. J. Bertrand, membre de l'Institut.

Programme des prix et médailles mis au concours pour être décernés dans les années 1884, 1885, 1886 et 1887.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juillet 1883.

Note concernant le **type d'écluse adopté pour le canal de l'Escaut à la Meuse** par M. Quinette de Rochemont, ingénieur en chef des pont et chaussées. — Ce type a été étudié pour réaliser un éclusage plus rapide. Le sas a 38^{m},50 de longueur sur 5^{m},20 de largeur, dimensions réglementaires, mais le tirant d'eau a été porté à 2^{m},95 sur le busc d'amont et à 2^{m},50 sur celui d'aval. La hauteur de chute est de 4 mètres. Les portes sont à vantail unique; la vidange et le remplissage s'effectuent pas des aqueducs longitudinaux placés dans les bajoyers et fermés par des vannes cylindriques de grand diamètre.

L'écluse est placée sur la rive de halage et il reste le long de l'autre berge un espace suffisant pour recevoir les bateaux qui attendent leur tour de passage et qui sont ainsi soustraits à l'action des courants crées par la vidange ou le remplissage du bief.

Les vannes cylindriques reposent sur une bande de caoutchouc et entou-

rent un orifice circulaire de $1^m,55$ de diamètre qui donne un débit considérable et réduit la durée de l'opération à deux minutes environ.

Les portes à vantail unique sont d'une construction et d'une manœuvre très simple; elles sont exécutées en tôle galvanisée. On a étudié pour leur manœuvre un appareil composé d'un cylindre oscillant à double effet, mis en action par de l'eau sous pression. La mise en mouvement des vannes se ferait par un appareil analogue.

La quantité d'eau sous pression consommée par écluse est évaluée à 16,56 litres et la durée de sassement à 9 minutes et demie, c'est-à-dire deux fois moindre que celle des écluses du type ordinaire.

Les dépenses se montent à 115,300 francs, soit 10,000 francs environ de plus que l'écluse du type ordinaire; mais il faudrait compter en outre 14,700 francs pour l'adjonction des appareils hydrauliques. On peut espérer gagner 20 minutes par bateau, soit 1,767 heures ou 1,458 francs, en estimant la dépense journalière d'un bateau à 8 fr. 25, chiffre certainement au-dessous de la réalité. Cette somme représente plus que l'intérêt de 25,000 francs, excédent de prix d'établissement du nouveau type d'écluse avec manœuvres mécaniques.

Notice sur la **construction des ponts en Perse**, par M. Dieulafoy, ingénieur des ponts et chaussées. — L'auteur ayant eu l'occasion, dans le cours d'une mission, d'examiner quelques ponts en Perse décrit en détail deux de ces ouvrages le *Pont rouge* et le pont connu sous le nom de Pont de la Jeune-Fille. Le premier se compose de quatre arches ogivales dissemblables dont la plus grande a $29^m,80$ d'ouverture. Il est entièrement en briques, sauf les avants-becs construits en pierre; l'intérieur du pont est évidé par des galeries longitudinales. Une des particularités consiste dans la liaison des naissances des arches aux culées par des joints courbes et une autre dans la construction des voûtes par rouleaux indépendants; cette dernière a probablement été indiquée par la nécessité de réduire les cintres à leur plus simple expression, le premier arc maçonné servant de support aux arcs successifs.

Le second pont se compose d'une grande arche ogivale de $23^m,94$ d'ouverture flanquée symétriquement de deux arches latérales plus petites. On trouve dans cet ouvrage les mêmes particularités que dans le précédent, mais on y remarque des rapports numériques très nets entre les diverses dimensions. Ainsi la hauteur de tous les arcs est égale à la moitié de leur ouverture; l'épaisseur des piles est égale au demi-diamètre de l'arche centrale; la demi-ouverture des arches latérales est à la largeur des piles dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$, c'est-à-dire dans celui du côté à la diagonale du carré. La longueur du pont est cinq fois l'ouverture de la grande arche, et sa largeur aux naissances le douzième de cette ouverture, etc. Cette méthode a été invariablement suivie en Perse jusqu'au milieu du dix-huitième siècle; on peut ainsi avec une certaine pratique reconstituer un monument entier au moyen d'une seule mesure. Ce pont est extrêmement

léger et son plan est des plus réguliers; il paraît avoir été exécuté vers le milieu du douzième siècle.

L'auteur mentionne un certain nombre d'autres ouvrages remarquables tels que le pont d'Erivan, celui de Tauris, les réservoirs de Cazbin, le barrage de Saveh, les ponts d'Ispahan, l'arc de Kesroes, etc.

Note sur le **raccordement parabolique**, par M. Susini, conducteur des ponts et chaussées.

Note sur un **procédé de calcul du mouvement des terres, dit procédé** Bruckner, par M. P. Lévy, ancien élève externe de l'École des ponts et chaussées.

Note sur un nouvel appareil pour **manœuvre et calage des aiguilles de changement de voie** par un seul levier (système Dujour).

Cette note a paru dans la 1re livraison de 1883 des *Annales des mines*, (voir comptes rendus de juin, page 852).

Bulletin des **accidents survenus dans l'emploi des appareils à vapeur en 1881** (voir comptes rendus de mai, page 747).

Août 1883.

Discours prononcé aux funérailles de M. de La Gournerie, par M. Joseph Bertrand, secrétaire perpétuel de l'académie des sciences.

Détermination précise **de la stabilité des murs de soutènement** et de la poussée des terres, par M. A. Gobin, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur discute le point de départ des recherches de M. de Lagrené sur cette question, recherches publiées dans le numéro de décembre, des *Annales des Ponts et Chaussées*. Ce point de départ est un théorème emprunté à Rankine et établissant que, dans un massif de terre indéfini limité à la partie supérieure par un plan unique faisant un angle θ avec l'horizon, la pression totale sur un plan vertical quelconque normal à la ligne de plus grande pente du plan supérieur, est parallèle à ce dernier et fait par conséquent un angle θ avec l'horizon.

L'auteur explique que ce théorème est absolument faux et que la théorie qui en est déduite n'est pas plus exacte.

Il établit ensuite sa propre théorie en partant de l'hypothèse de l'homogénéité du massif, déterminée par un pilonnement préalable ou par le tassement naturel, ce qui le conduit à admettre tout d'abord l'horizontalité de la poussée dans le cas d'un massif de terre reposant sur un plan horizontal et limité à la partie supérieure par un plan également horizontal.

Il examine ensuite le cas d'un terre-plein horizontal soutenu par un mur à parement vertical avec les différentes influences, telles que celle de

la cohésion, la répartition de la poussée sur le parement, la détermination de son point d'application, la stabilité du mur, les avantages du fruit extérieur; il fait le même examen dans le cas du mur à fruit intérieur et donne l'explication de l'expérience bien connue du général Ardant dans laquelle un prisme en bois posé sur une de ses arêtes et appuyé contre un talus faisant avec la verticale un angle de 35° qui est le talus naturel du sable siliceux sec, est rendu stable par l'adjonction de sable derrière une de ses faces, ce qui lui fait jouer le rôle de mur. Les formules de M. Godin sont en accord avec cette expérience qu'elles expliquent parfaitement. Il en est de même pour l'expérience de la caisse vide soutenant latéralement un tas de sable, expérience rapportée par M. Flamand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, dans le numéro de juin 1882 des *Annales*.

Les divers autres cas sont passés en revue, entre autres ceux du terre-plein surchargé, du mur en surplomb, du mur à parement vertical intérieur soutenant un massif avec talus, et du mur à parement vertical soutenant un massif limité par une surface quelconque, mais définie.

Les applications diverses sont indiquées ainsi qu'un assez grand nombre d'expériences ayant pour but l'étude des phénomènes relatifs au plan de de rupture, de la détermination de la direction et de l'intensité de la poussée, les expériences sur le frottement, etc.

Diverses questions accessoires sont traitées dans un appendice.

Rapport sur l'**explosion de la chaudière d'une grue locomobile à vapeur**, par M. Luuyt, ingénieur en chef des mines.

Cette grue construite au Creusot en 1876 fonctionnait sur le chemin de fer industriel d'Allevard au Cheylas; la chaudière est du type Field, le tube cheminée était en cuivre étiré de 7 millimètres d'épaisseur à l'origine, la pression était de 9 kilogrammes. Ce tube s'est déchiré au-dessus du niveau de l'eau et l'examen a fait reconnaître que l'accident. qui n'a d'ailleurs pas eu de conséquences sérieuses, ne peut être dû qu'à l'affaiblissement excessif du tube-cheminée.

L'usure a été produite par action mécanique déterminée par le frottement des escarbilles et cendres entraînées par le tirage.

On a remarqué que l'échappement pénétrait dans la cheminée horizontalement par le côté sans être recourbé parallèlement à l'axe de la cheminée; l'usure portant entièrement d'un seul côté a été, selon toute probabilité, causée par cette disposition qui est à éviter; de plus il est bon de remplacer le cuivre par le fer pour la pièce dont il s'agit.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

8e LIVRAISON DE 1883.

Chauffage et ventilation de chambres closes à l'Exposition d'hygiène et et de salubrité de Berlin en 1883, par M. H. Fischer.

Ateliers de construction de machines, par M. W. Lorenz à Carlsruhe.

Fonctionnement des machines à faire le froid, par M. R. Schottler.

Le nouveau pont Ferdinand sur la Mur à Gratz, par R. Krohn.

Four à coke de Siebel, par M. Fritz Lurmann.

Les mines de diamant de l'Afrique Méridionale.

Transport électrique de la force au point de vue de l'exploitation des mines.

Machines à souffler le verre de Frank Wright et W. Mackie.

Engrenages à division inégale, par F. Lincke.

Filtre à eau « Tamise. »

Bibliographie — Équilibre intérieur des piles métalliques d'après les lois de la déformation élastique, par L. Allievo. — Manuel de chimie et technologie agricole, par Frantz Schwackhofer. — Manuel de construction de machines de Jos. Pechan. — Les nouvelles machines marines, par R. Ziese.

Correspondance. — Nouvelle application de la formule de Simpson. — Comparaison des prix de l'éclairage au gaz d'huile et de l'éclairage électrique.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

PARIS. — IMP. E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

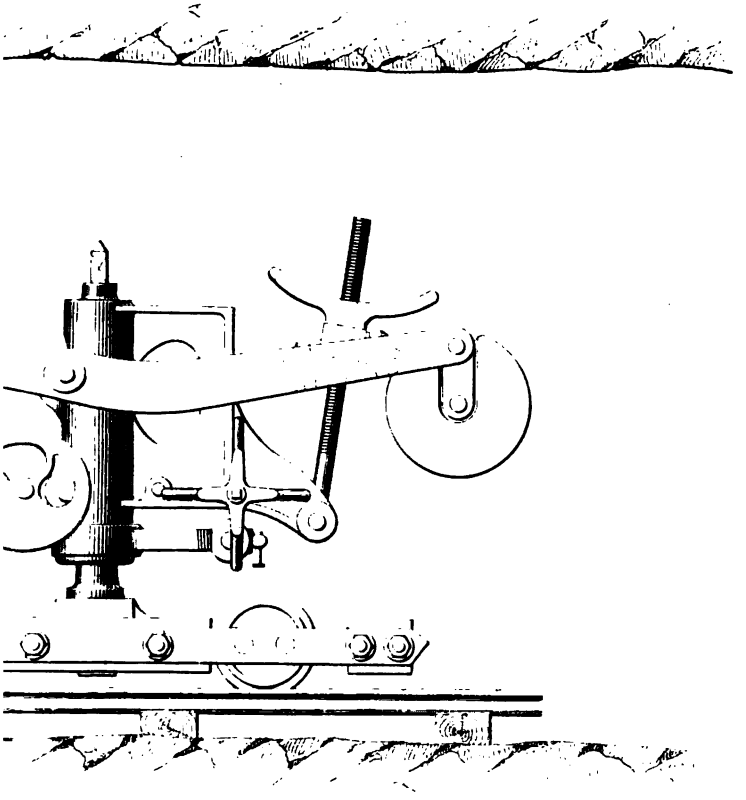
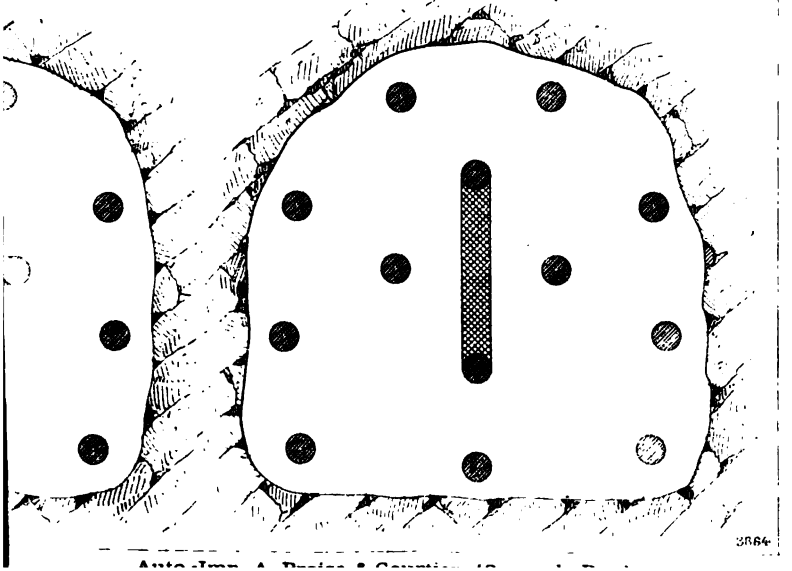
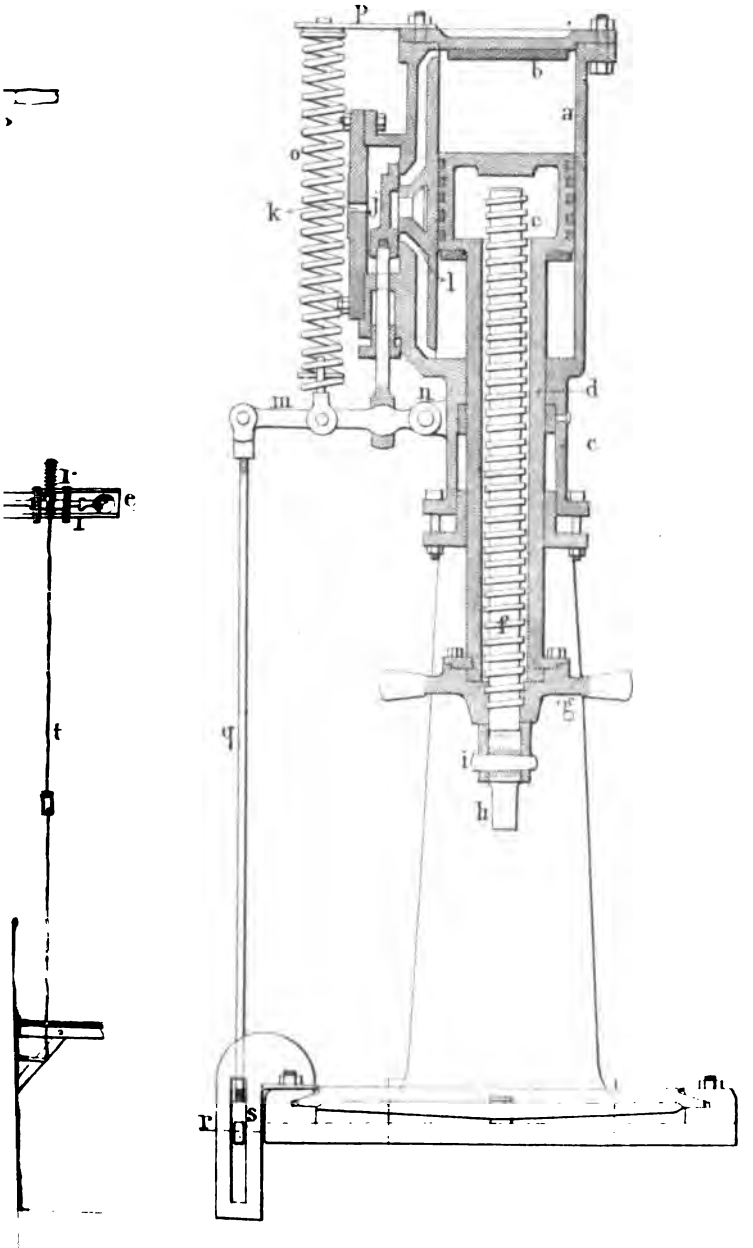


Fig.5.



r l'a

Fig. 10.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1883

N° 11

Pendant le mois de novembre la Société a traité les questions suivantes :

1° *Frein à vide*, lettre de M. Poupard (séance du 2 novembre, page 473).

2° *Chemin de fer à chaîne flottante* des mines de Dicido, par M. Brüll (séance du 2 novembre, page 474).

3° Lettre de M. Quéruel demandant d'ouvrir une discussion sur les *Machines du Transatlantique* « la Normandie » (séance du 16 novembre, page 480).

4° *Locomotive à air comprimé*, lettre de M. Mékarski (séance du 16 novembre, page 480).

5° *Mer Intérieure* (Projet de), par M. le commandant Roudaire (séance du 16 novembre, pages 482 et 484).

Pendant le mois de novembre, la Société a reçu :

De M. Bonnataire, membre de la Société, un exemplaire de sa communication sur l'*Alimentation d'eau des campagnes*.

De M. Cornuault, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Compagnies gazières de Londres*.

De M. Schmoll, membre de la Société, un exemplaire de son *Mémoire descriptif des Projets pour les deux grands ponts sur le Danube et sur la Borcca.*

De M. Zschokke, membre de la Société, une collection de *Photographies des travaux qu'il exécute actuellement sur la Seine pour la construction de deux barrages et de deux écluses.*

De M. Revin, membre de la Société, une note sur un nouveau *Système de plan incliné pour faire passer les bateaux d'un bief dans le suivant.*

De MM. Merle, d'Aubigné et Turrettini, membres de la Société, un exemplaire du troisième fascicule sur l'*Utilisation des forces motrices du Rhône.*

De M. Bocquet, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire du mécanicien.*

De MM. Lemoine Émile et Flament Henri, membres de la Société, un exemplaire de leur note sur la fabrication des *Allumettes sans phosphore.*

De M. Piedbœuf, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Gisements pétrolifères de l'Europe centrale et Études spéciales des gisements du Nord de l'Allemagne.*

Un exemplaire du *Report of Historical and Technical information relating to the problem of Interoceanic communication by Way of the american Isthmes by John T Sullivan Lieutenand U. S. Navy.*

De M. le Ministre des Travaux publics : 1° un exemplaire de la *Situation des chemins de fer français au 31 décembre* 1882 ; 2° un exemplaire du Répertoire méthodique de la législation des chemins de fer Français (août 1879 à août 1882).

De M. le Ministre des Travaux publics de Belgique, un exemplaire du *Compte rendu des opérations pendant l'année* 1882 *des chemins de fer, télégraphe et marine.*

De M. Alfred Durand Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exemplaire des *Procès-verbaux des séances, Documents et rapports de la Commission d'assainissement de Paris pendant l'année* 1882.

De M. Courché, fondeur au Havre, un exemplaire de son *Essai sur les questions du travail.*

De M. Mendes Guerreiro, ingénieur, un exemplaire de sa brochure intitulée *O. Porto de Lisboa.*

De M. Letellier, membre de la Société, un exemplaire de la brochure

de M. Letestud de Beauregard, sur la comparaison des *Deux principaux projets de chemins de fer Métropolitain Parisien*.

De M. Edmond Roy, membre de la Société, les ouvrages suivants :

1° Album contenant les dessins d'ensemble et de détail de *Construction du marché Saint-Germain, à Paris*, par M. Blondel, architecte (1826), onze planches;

2° Album des détails de *Construction d'une maison*, par Mandar, architecte (1818), cent une planches;

3° Album : *Construction des routes et ponts*, par Cordier, ingénieur en chef des ponts et chaussées (1822), vingt-deux planches;

4° *Essais sur les distributions d'eau*, par Genieys, ingénieur en chef des ponts et chaussées (1829), vingt-neuf planches;

5° Quatre albums de *Construction de travaux publics*, publiés par l'École des Ponts et Chaussées et des Mines de 1817 à 1827, sept cent trente et une planches;

6° Album de l'Étude des *Gîtes houillers et métallurgiques du bocage Vendéen*, par Henry Fournel, ingénieur des mines (1835), douze planches;

7° Album des *Travaux d'améliorations intérieures aux Etats-Unis*, par Poussin, officier d'état-major du génie (1834), neuf planches;

8° Atlas des *Cours de construction* de Sganzin, inspecteur général des ponts et chaussées (1839-1840), cent quatre-vingts planches;

9° Atlas *Voies de communication et ouvrages d'art des Etats-Unis*, par Michel Chevalier (1841), quarante-neuf planches;

10° Atlas *Construction des principaux ouvrages d'art du chemin de fer entre Orléans et Poitiers*, par M. Morandiere, inspecteur général des ponts et chaussées (1852), quarante-sept planches;

11° Atlas *Types d'ouvrages d'art secondaires* ligne de Poitiers à la Rochelle, par M. Morandiere, inspecteur général des ponts et chaussées (1859), vingt-cinq planches;

12° *Assainissement de Paris*, par M. Beaudemoulin, ingénieur en chef des ponts et chaussées (1856), deux planches;

13° *Travaux publiés en Hollande*, par Croizette Desnoyers, inspecteur général des ponts et chaussées (1874), (texte et atlas), vingt-huit planches;

14° *Mémoire sur la possibilité de construire des arches en pierre de quatre et cinq cents pieds d'ouverture*, par Perronet, publié par l'imprimerie nationale du Louvre en 1793;

15° *Description du nouveau pont de pierre construit sur l'Allier à Moulins*, par l'ingénieur de Rigemortes en 1771 ;

16° Atlas sur les *Canaux d'Orléans, de Briare et de Loing* (1739), vingt et une planches.

De M. Servier, membre de la Société, une collection du *Journal des usines à gaz*.

Les membres nouvellement admis sont :

MM.	Alsina,	présenté par	MM. Avisse, Gatget et Ribourt.
	Ancelin,	—	Armengaud J., Cassagne et Marché.
	Bernay,	—	Berton, Cerbelaud et Dulac.
	Chollet,	—	Berton, Coste et Goschler.
	Cheuret,	—	Berton, Cerbelaud et Hauet.
	Delrez,	—	Carimantrand, Marché et Poncelet.
	Dorange,	—	Marché, Rabinel et Vergnol.
	François (Mich.),	—	François, Herscher et Marché.
	François (Nic.),	—	François, Herscher et Marché.
	Gilmond,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Hallauer,	—	Farcot J., Mallet et Tresca.
	Kreutzberger,	—	Marché, Pihet et Tresca.
	Lamort,	—	Marché, Peligot et Périssé.
	Lance,	—	Carimantrand, Levi et Marché.
	Monteil,	—	Marché, Peligot et Périssé.
	Mynssen,	—	Marché, Peligot et Périssé.
	Post,	—	Marché, Cluysenaer et Vrolik.
	Stewart,	—	Delsa, Moerath et Neujean.
	Urban,	—	Despret, Du Roy de Bliqui et Urban.
	Werhoustraeten,	—	Clerc, Herscher et Marché.
	Wilde (de),	—	Marché, Peligot et Périssé.

Comme Membres associés :

MM.	Arbey,	présenté par	MM. Closson, Lubant et Peligot.
	Giroud,	—	Arson, Marché et Peligot.
	Herbert-Raimes,	—	Marché, Moerath et Pontzen.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1883

Séance du 2 Novembre 1883.

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 octobre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Bréguet et Daburon.

Il a le plaisir d'annoncer que MM. Peligot et Grimault ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur, M. Huguet commandeur de l'ordre de Charles III d'Espagne et que M. Ernest Herscher a reçu les palmes d'officier d'académie.

Il est donné lecture de la lettre suivante adressée par M. Poupard :

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien porter à la connaissance des membres de la Société des Ingénieurs civils, qu'un spécimen des freins à vide, *automatique* et non automatique, du modèle de ceux qui fonctionnent actuellement en Angleterre sur vingt-sept lignes de chemins de fer, a été installé par la Compagnie du frein à vide, dans les ateliers de M. Boulet (successeur de M. Hermann Lachapelle), 31, rue Boinod, à Paris.

« Ces systèmes de freins resteront exposés aussi longtemps qu'il sera nécessaire; on les fera fonctionner, et on en fera la description à tous les ingénieurs que la question intéresse, et qui désireront les examiner.

« Ils fonctionnent aujourd'hui sur 4,000 locomotives et 17,000 véhicules, sur les chemins de fer du Nord et de l'État français, en Angleterre, en Autriche, en Allemagne, en Italie, etc.

« Les rapports officiels, publiés tous les six mois, par le *Board of Trade*, relèvent depuis l'origine de leur publication (c'est-à-dire depuis l'année 1878), un nombre de fautes, pour les freins à vide, notablement inférieur à celui relevé pour les freins à air comprimé.

« Dans le dernier rapport paru (1er semestre 1883) il a été constaté :

1 faute pour un parcours moyen de 43,000 kil., frein Westinghouse.
1 — — 208,000 — à vide automatique.
1 — — 252,000 — — non automatique.

« Ces résultats s'expliquent par le principe même sur lequel est basé le fonctionnement du frein à vide, et par la simplicité des organes qui le composent.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc.

« POUPARD. »

L'ordre du jour appelle la communication de M. Brüll sur le chemin de fer à chaîne flottante des mines de fer de Dicido.

M. BRÜLL rappelle qu'il a déjà eu l'honneur, en 1878, d'entretenir la Société sur les transports par chaîne sans fin qui fonctionnent dans le Lancashire. Il énumère ensuite les principales applications qui ont été faites de ce système, sous le nom de chaîne flottante, en Belgique, en France, en Algérie, et tout récemment en Espagne.

Après quelques données générales sur le chemin de fer à chaîne flottante qu'il a construit pour les mines de fer d'Aïn-Sedma (Algérie), M. Brüll expose que les systèmes de transports appliqués à Bilbao sont nombreux et variés; les ingénieurs qui ont des questions de transports à résoudre visiteront avec profit ces installations.

M. BRÜLL a eu occasion récemment d'étudier et de faire construire deux chemins de fer à chaîne flottante dans ce district dont l'exploitation reçoit chaque jour de nouveaux développements.

Un de ces chemins de fer a été établi pour la société franco-belge des mines de Sommorostro, dans le but de relier l'exploitation de la mine Alhondiga à la tête des plans inclinés qui desservent plusieurs autres carrières.

Ce chemin de fer a un kilomètre de longueur, il est actionné par un moteur à vapeur qui attaque l'arbre d'une station au moyen d'un engrenage conique.

Le second chemin de fer est celui de la mine de fer de Dicido, près Castro-Urdiales. Ce travail présente quelques points particuliers; c'est celui que M. BRÜLL se propose de décrire.

Le chemin de fer de Dicido a 2,954 mètres de longueur et une chute de 341m,13. Il longe les carrières en exploitation sur un kilomètre environ, descend en zigzag la montagne qui forme le versant droit de la vallée de Dicido, traverse en tunnel la route royale de Bilbao à Santander, franchit

sur un pont l'estuaire d'une petite rivière et se termine près des quais d'embarquement établis sur la baie de Dicido.

Le parcours total a été divisé en quatre sections pouvant marcher indépendamment les unes des autres. Les quatre premières stations, qui avoisinent les carrières ouvertes dans le minerai, ont été aménagées de manière à permettre de placer sous la chaîne en marche, les wagons pleins venant de l'abatage et de retirer les wagons vides nécessaires à chacun des chantiers.

Le tracé du chemin de fer coupant la route de Bilbao à Santander très obliquement, n'aurait guère pu permettre l'établissement d'un pont pour le passage des voies au-dessus de la chaussée; en tous cas, cet ouvrage d'art aurait été important et fort coûteux.

Pour éviter ce travail, on s'est décidé à franchir la route en tunnel, mais alors, la construction de la ligne en amont de cette route devenait très difficile et aurait nécessité un tunnel fort long dans des terrains peu solides. Devant ces difficultés, on s'est décidé à établir, un peu en amont de la route, une balance sèche d'une hauteur de 13^{m},50 reliant les deux parties du chemin de fer. Le passage des wagons d'un niveau à l'autre se fait ainsi sans difficulté. Les chaînes venant du chemin de fer supérieur ne sont point interrompues, elles sont soutenues par des galets et descendent embrasser la poulie placée au bas du puits de la balance, pour actionner l'alignement qui se dirige vers le rivage.

Les voies ont 0^{m},460 à l'intérieur des rails, leur écartement d'axe en axe est de 1^{m},200.

Les wagons reçoivent une charge normale de 400 kilos de minerai, ils sont placés à 20 mètres de distance les uns des autres.

La chaîne est une chaîne-câble de 0^{m},025 de diamètre, les maillons sont calibrés. Cette chaîne prend les wagons en se plaçant dans une fourche fixée à l'avant.

A chaque extrémité des alignements, la chaîne s'enroule sur une poulie horizontale, calée sur un fort arbre en métal Bessemer.

Aux stations têtes de section, ainsi qu'aux stations intermédiaires d'une même section, les poulies qui reçoivent la chaîne sont des roues à empreintes mobiles qui permettent d'agrandir le pas de la roue au fur et à mesure que celui de la chaîne s'accroît, par suite de l'usure des parties en contact de chaque maillon.

Les empreintes sont en acier martelé, elles ont un corps carré de 0^{m},085 de côté qui se meut suivant un rayon dans une sorte de corps de pompe établi dans la jante de la roue. La base des empreintes repose sur un rebord qui se trouve venu de fonte à 0^{m},040 au-dessous de la jante. C'est entre ce rebord et la base de l'empreinte que se placent successivement des jeux de rondelles d'épaisseurs voulues, pour faire sortir les empreintes et allonger ainsi le pas de la roue. Chaque empreinte est appliquée sur le rebord par une vis sous la tête de laquelle est placée une rondelle élastique système **Belleville.**

A la station terminus de chaque section, une poulie folle à gorge reçoit la chaîne.

Aux stations têtes de section, des freins à bande, du type connu sous le nom de frein de grue, munis de sabots en bois, agissent sur une roue calée à la partie supérieure des arbres. Afin d'éviter tout accident, la position normale de ces freins est d'être serrés à bloc. Leur manœuvre se fait par un petit treuil qui relève le poids produisant le serrage.

Des régulateurs à palettes combattent les variations de vitesse de la chaîne et restreignent l'emploi du frein.

Les maçonneries et les charpentes qui servent à fixer tout ce matériel doivent être très solides; les maçonneries des stations de Dicido sont de gros massifs de moellons hourdés en mortier de ciment. Le bois de charpente est le sapin du nord.

Mis en marche au mois de mars dernier, le chemin de fer de Dicido n'a pas cessé depuis ce moment de fonctionner régulièrement. Le trafic moyen est de 300 tonnes par jour, mais il est susceptible d'augmentation et déjà il a, à certains jours, dépassé 500 tonnes.

Le prix de revient de cette chaîne flottante a été de 325,000 francs; mais si l'on considère que tous les travaux ont été exécutés très largement, et en particulier que les rails, dont la mine était approvisionnée par avance, sont d'un gabarit beaucoup trop fort, on peut, sans crainte d'erreur, affirmer que le coût de premier établissement d'un semblable chemin de fer ne dépasserait pas 300,000 francs.

M. Baüll dit que ce prix, qui peut paraître élevé, est un maximum qui n'est atteint que lorsque l'on a de grandes difficultés à vaincre, comme cela a été le cas à Dicido.

Dans un pays peu accidenté, où on pourrait aller droit ou à très peu près, où l'on ne serait pas entravé par des questions de passage, le prix de revient kilométrique d'une chaîne flottante capable de transporter de 5 à 600 tonnes par jour, ne dépasserait pas bien certainement, une quarantaine de mille francs.

Le prix de revient du transport de la tonne de minerai des mines de Dicido, au point d'embarquement, a été en moyenne de 0 fr. 63 en comprenant les frais d'entretien du chemin de fer, l'amortissement du matériel et les intérêts du capital engagé dans cette entreprise. Le jour où l'aménagement des carrières et les moyens d'embarquement que l'on s'occupe à perfectionner, permettront de faire transporter au chemin de fer un tonnage plus important que celui qui lui est donné actuellement, le prix du transport de la tonne sera grandement diminué, car aucune des dépenses entrant dans sa composition n'augmentera sensiblement.

Si on considère que la main-d'œuvre est restreinte dans l'exploitation de ce genre de chemin de fer, et que le prix de revient du transport de la tonne est surtout accru par le fort amortissement d'un matériel assez considérable, on se rendra bien facilement compte que dans un pays peu accidenté, où le coût du premier établissement sera faible, ce prix de

revient du transport sera réduit dans de très larges proportions, comme cela a lieu dans le Lancashire.

M. Mayer. Les wagons jouent deux rôles, dans le mécanisme de ce système de chemin de fer; ils règlent la résistance et servent de supports à la chaîne; il en résulte que, dans cette disposition, il y a deux écueils à éviter : on ne peut pas augmenter indifféremment le nombre ou la distance des wagons sans influer, d'un côté, sur la résistance, de l'autre, sur la surtension.

Je désirerais que M. Brüll voulût bien nous donner quelques explications sur la manière qui détermine le meilleur emploi de ces deux éléments.

M. Brüll répond que, pour arriver à ce résultat, il y a un tâtonnement assez difficile ; voici comment on a opéré.

La première considération est de ne pas dépasser un certain poids pour la chaîne. C'est ainsi qu'on s'est limité à une chaîne de 25 millimètres pesant 12k,650 par mètre.

L'effort normal de traction a été fixé à 3 kilogrammes par millimètre carré de la double section. Cette fatigue modérée assure à la chaîne une longue durée.

Une chaîne de 25 millimètres ne peut supporter ainsi plus de 3,000 kilogrammes de tension.

Cette limite une fois déterminée, on s'est proposé de décomposer la ligne en quatre sections seulement, ayant moyennement chacune 7 à 8 cents mètres de longueur et 80 à 90 mètres de chute.

On essaye alors diverses combinaisons de poids de wagon et d'espacement et on voit, à l'aide des calculs dont la méthode a été exposée, que des berlines de 180 kilogrammes chargées de 400 kilogrammes de minerai, espacées de 20 mètres ne surchargeront pas la chaîne, tout en assurant le débit demandé à une vitesse très modérée.

Un type de berline plus grand conduirait à un plus grand espacement afin de ne pas augmenter la charge de la ligne par mètre de longueur et la tension maxima qui s'accroit proportionnellement à cette charge.

Or, si l'on écarte les berlines, comme la chaîne ne doit pas toucher les traverses de la voie aux endroits où elle est le moins tendue, on serait conduit à exagérer la surtension de la chaîne et par suite sa tension maxima.

On ne pourrait rentrer dans la limite de tension qu'en faisant les sections plus petites et en divisant ainsi la ligne en cinq sections au lieu de quatre, ce qui présenterait de sérieux inconvénients.

C'est en pondérant ces diverses considérations à l'aide des calculs appropriés qu'on détermine définitivement tous les éléments du système.

Mais il peut arriver dans l'exploitation courante que les quantités qui ont été précisées par le calcul, et qui satisfont aux exigences des formules ne soient pas exactement conservées.

Ainsi les berlines peuvent être surchargées, la distance peut être plus ou moins fidèlement observée.

Il faut faire une certaine part à ces éventualités. Le système doit fonctionner encore d'une manière satisfaisante, même si les nécessités de l'exploitation amènent quelques abus.

Le chiffre de 3 kilogrammes par millimètre carré qui semblera peut-être trop faible et peu économique a été choisi dans cet esprit. Quelques autres conditions d'établissement répondent aussi à la même préoccupation.

M. LE PRÉSIDENT. Cette dimension de chaîne de 25 millimètres est déterminée à l'avance ; quel en est le motif ?

M. BRÜLL répond qu'il faut que les ouvriers puissent soulever et manier la chaîne, lorsque le besoin s'en présente.

Il peut arriver qu'une berline envoyée ne s'accroche pas d'elle-même ; l'envoyeur doit, dans ce cas, rattraper la berline et poser la chaîne dans la fourche. Un déraillement peut survenir et exiger aussi une manœuvre de la chaîne.

Or, une chaîne de 12^{k},650 avec l'écartement de 20 mètres, est déjà difficile à manœuvrer ; il faut souvent que l'ouvrier monte sur le wagon pour la soulever. Peut-être pourrait-on aller un peu au delà de ce chiffre, mais pas de beaucoup.

M. LE PRÉSIDENT. Chacune des stations exige un personnel ?

M. BRÜLL répond qu'il faut un ouvrier, ou plutôt un surveillant à chaque station, parce que, en réalité, la transmission des wagons d'une chaîne à la suivante est automatique ; cependant, un wagon peut être plus ou moins résistant qu'un autre ; alors, ou bien il s'arrêtera, et il faut un homme pour le pousser ; ou bien, il s'accélérera et alors il faut le retenir pour ne pas dérégler l'espacement.

Il faut donc un surveillant à chaque station ; ce n'est pas un homme qui ait beaucoup de fatigue à dépenser ; on peut employer des jeunes gens ou des ouvriers âgés, mais il faut un homme à chaque poste ; c'est d'ailleurs la principale dépense directe.

Il n'y a, du reste, dans ce système de chemins de fer presque aucun élément de dépense qui soit proportionnel au tonnage ; d'où l'on peut conclure que ce genre de transport sera recommandable chaque fois que l'on aura un gros tonnage d'une façon certaine ; mais, quand on ne travaille pas en plein et qu'il s'agit de chômer plusieurs jours chaque semaine, le prix de revient s'élève.

Il peut descendre par contre à 0 fr. 03 ou 0 fr. 04 par tonne et par kilomètre sur un tracé facile et en travaillant régulièrement.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Brüll de sa communication, qui sera insérée *in extenso* ainsi que les planches dans le Bulletin mensuel.

MM. Alsina, Ancelin, Bernay, Chollet, Cheuret, Delrez, Dorange, François (Michel), François (Nicolas), Gilmond, Hallauer, Kreutzberger, Lamort, Lance, Monteil, Myussen, Post, Stewart, Urban, Werhoustraeten et de

Wilde ont été reçus membres sociétaires, et MM. Arbey, Giroud et Herbert Raimes membres associés.

La séance est levée à dix heures 40.

Séance du 16 Novembre 1883.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Ellis.

Il annonce que M. Raffard vient d'être nommé officier de l'ordre du Medjidié.

M. Poupard informe la Société, qu'il fera une conférence avec une démonstration à l'appui sur le fonctionnement des freins à vide automatiques et non automatiques dans les ateliers de M. Boulet, 31, rue Boinod, le dimanche 9 décembre à neuf heures et demie du matin. Il invite les membres de la Société à vouloir bien assister à cette conférence.

Il est donné lecture de la lettre suivante, adressée par M. Quéruel :

Monsieur le Président,

A la demande, que j'ai faite dans la séance du 20 juillet dernier, d'ouvrir une discussion sur les machines du transatlantique « la Normandie; » vous m'avez répondu : « Que ces discussions pourraient s'ouvrir plus fructueusement après les visites d'Anvers et de la Hollande.

Ces visites ont été accomplies.

Les services postaux maritimes, en lutte permanente pour la vitesse de leurs navires avec ceux des étrangers et l'aliment considérable à titre de subvention fournie par l'État constituent un intérêt national de premier ordre dont tout bon citoyen français doit avoir souci.

La Société des Ingénieurs civils ne peut donc se désintéresser de questions si pleinement de sa compétence, et l'on peut considérer même qu'il

y a devoir pour elle de descendre dans quelques détails, de les examiner et de les discuter.

Les cercles maritimes suivront avec intérêt les discussions sérieuses qui ne manqueront pas de se produire sur des questions économiques aussi importantes. Il en résultera certainement, du bien et de l'utilité.

Permettez-moi d'espérer, M. le Président, que la lecture de cette lettre sera faite en séance afin que, prévenus à l'avance, les sociétaires qui désireraient prendre part à la discussion aient le temps de s'y préparer.

M. Hallauer, qui jouit d'une grande réputation d'expérimentateur et que j'ai vu avec plaisir entrer dans notre Société, serait, en cette circonstance, un précieux et très désiré orateur.

Agréez, Monsieur le Président, etc.

A. Quéruel.

En conséquence, M. Quéruel, dans une prochaine séance, traitera l'ensemble de ces questions, sur lesquelles pourra s'ouvrir la discussion.

Lorsque M. Clerc nous a fait une communication sur la *bossoyeuse* de MM. Dubois et François, je lui ai demandé des renseignements sur le coût du mètre d'avancement dans les galeries. Nous avons reçu aujourd'hui une note de M. Hanarte qui renferme quelques chiffres à cet égard ; il est bon que ces chiffres, qui sont relatifs aux dépenses d'avancement dans les galeries sans l'emploi des explosibles, soient communiqués à la Société : je prierai un de nos secrétaires d'extraire de la brochure de M. Hanarte, deux ou trois pages, qui peuvent se rattacher à la communication de M. Clerc.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante adressée par M. Mékarski :

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous adresser deux photocalques d'un dessin que je vous serais reconnaissant de vouloir bien faire passer sous les yeux de nos collègues, à titre de complément de ma communication du 20 juillet dernier.

C'est en effet l'avant-projet, en attendant mieux, de la locomotive à air comprimé dont je les ai entretenus dans cette séance. Ils pourront constater que ce projet est rigoureusement conforme au programme que je leur ai exposé et s'assurer que la machine dont il s'agit ne présente aucune difficulté d'exécution, ne s'écartant en rien des dimensions ordinaires des machines-tenders, auxquelles elle ressemble assez pour que l'illusion soit complète en ajoutant une cheminée postiche.

Ils pourront aussi facilement s'assurer que le poids indiqué, 35 tonnes à vide, est parfaitement en rapport avec celui des éléments entrant dans la construction. Les réservoirs d'air de $6^m,250$ de longueur et $0^m,850$ de diamètre, en tôle d'acier de $0^m,020$, pèseront en effet 3,100 kilos l'un, soit

15,500 kilos pour les cinq. Les réservoirs d'eau chaude et vapeur, dont la capacité est sept fois moins grande, sont comptés pour 2,500 kilos, c'est-à-dire proportionnellement davantage. Quant au poids de 17 tonnes, auquel sont évalués le châssis (très simple dans ce cas), le moteur, les essieux et les roues, il ne sera certainement contesté par aucun constructeur de locomotives. M. Francq est donc beaucoup trop libéral en m'accordant un poids de 45 tonnes dont je n'ai nullement besoin pour une machine de cette puissance. Si des conditions spéciales, par exemple la nécessité d'avoir plus d'adhérence, m'amenaient à dépasser le chiffre que j'indique, ce serait en augmentant l'approvisionnement de force de la machine que j'y arriverais, ce qui porterait à un chiffre encore plus élevé sa puissance de parcours déjà largement suffisante.

M. Francq, qui n'en peut faire autant, doute qu'on puisse faire 20 kilomètres, en développant un effort de traction de 1000 kilos, avec un approvisionnement d'air de 1,000 et de 2,000 kilos d'eau chaude à 175°. Sans chercher à le convaincre, je rappellerai que le résultat obtenu est déduit d'expériences précises auxquelles ont assisté des personnes dont le témoignage peut me consoler de l'incrédulité de mon contradicteur. Il est d'ailleurs facile de s'assurer qu'un kilogramme d'air, saturé de vapeur à 120° (température finale du fonctionnement), occupe un volume de 130 litres, sous une pression de 10 kilos, et peut fournir un travail moteur d'environ 32,000 kilogrammètres, en agissant avec détente à 8 volumes, comme permettra de le faire un organisme Compound. Cela étant, la dépense d'air de la locomotive ne dépassera pas 40 kilos par kilomètre, en produisant l'effort de traction indiqué, et en comptant les résistances passives pour 20 pour 100.

Quant à la dépense de vapeur, dans les conditions ci-dessus, elle sera de 0 kil. 215 par kilogramme d'air ou 8 kil. 600 par kilomètre, plus l'eau entraînée mécaniquement. Il sera aisé de fournir à cette dépense avec 2,000 kilos d'eau chaude dont la température variera de 175° à 120°.

Je ne suivrai pas M. Francq dans les autres hypothèses où il s'est lancé pour démontrer l'infériorité de la machine à air comprimé : je me bornerai à dire que nos voitures automobiles de Nantes font sans peine un parcours de 12,500 mètres, en revenant au point de départ avec 20 kilos de pression dans leur réserve, tandis que les locomotives à eau surchauffée de Lille ne sont employées encore que sur un parcours de 2 à 3 kilomètres. Or les premières, déductions faites de la caisse de voiture, ne pèsent que 5 tonnes tandis que le poids des secondes est d'environ 8 tonnes.

Je ne ferai aucune comparaison avec le service de Marly dont les conditions d'exploitation sont absolument différentes de celles des tramways.

J'ajouterai que le prix de revient de la traction des tramways de Nantes est de 26 francs par journée de voitures de 75 kilomètres et que ce résultat n'a été obtenu dans aucune autre exploitation de ce genre.

Quant aux raisonnements par lesquels M. Francq a prétendu détruire mon argumentation au sujet des inconvénients que présentait pour la ven-

tilation l'emploi des locomotives à eau surchauffée, il me serait facile de faire voir qu'ils ont laissé cette argumentation debout mais je craindrais de fatiguer nos collègues en rouvrant cette discussion. Je me bornerai donc à m'associer pleinement au vœu exprimé par mon contradicteur qu'un essai comparatif vienne le plus tôt possible décider la question.

Veuillez bien agréer, etc.

L. Mékarski.

M. le Président regrette que la discussion ouverte entre M. Francq et M. Mékarski, ait le caractère d'un duel dans lequel les adversaires ne se trouvent jamais en présence ; mais chacun d'eux répond toujours dans le procès-verbal, qu'il n'est pas en litige.

L'ordre du jour appelle la communication de M. le commandant Roudaire sur le projet de mer intérieure en Algérie (Voir mémoire, page 484).

M. le Président remercie M. le commandant Roudaire de la très intéressante communication qu'il vient de faire. Après l'avoir entendue, il croit qu'il ne faut pas la considérer comme une conférence nous mettant au courant de la question, et qu'il y a lieu de l'examiner à fond. Peut-être, il y a deux ans, le projet de M. le commandant Roudaire fut-il un peu trop sévèrement condamné par la Commission supérieure ; quoi qu'il en soit de nouveaux travaux ont été faits depuis et M. le commandant Roudaire, vient de nous dire que, dans une récente expédition, des membres de la Société des Ingénieurs civils se sont rendus dans la région. Avant de discuter, d'examiner certains des points qui intéressent la Société au point de vue technique, il serait à désirer que ceux de nos collègues qui sont allés en Algérie dans ce voyage voulussent bien compléter la communication de M. le commandant Roudaire, en nous donnant leurs impressions personnelles.

M. le commandant Roudaire fait remarquer que la Commission supérieure de 1882 n'a pas condamné le projet et ne pouvait pas le condamner. Toutes les observations de la Commission de 1882 sont favorables au projet. Elle ne trouve que la dépense à objecter et elle a cru, pour cette raison, pouvoir conseiller au gouvernement de ne pas encourager l'entreprise. Dans tous les cas, pour avoir l'opinion réelle de la Commission supérieure, il faut se reporter aux différentes sous-commissions et voir leurs conclusions : aucune n'a été défavorable.

M. le commandant Roudaire affirme, d'ailleurs, qu'il est prêt à prendre part à une discussion si l'on désire l'engager.

M. Hauet demande à être inscrit pour cette discussion, il est un adversaire déclaré de la mer intérieure, c'est dire dans quel sens il entend parler lorsque viendra la discussion. Il demande que M. le Président veuille bien en fixer le jour, et il serait heureux que M. le commandant Roudaire voulût bien nous faire l'honneur d'y assister.

M. LE PRÉSIDENT répond que la prochaine séance lui semble tout indiquée. Il espère que ceux de nos collègues qui sont allés sur les lieux nous apporteront de nouveaux renseignements, et, à la suite de leurs communications, on entamera la discussion. Il insiste pour que ces renseignements soient fourni par M. Dru.

M. DRU demande à quel point de vue M. le Président pourrait désirer des éclaircissements, toutes les questions ayant été traitées par M. le commandant Roudaire. Ce qui a plus particulièrement intéressé M. Dru c'était la question des sondages, qui constituent un détail purement matériel. Ces sondages ont eu pour but d'établir des profils et des coupes géologiques qui se résument pour les chotts, à deux natures de terrains, les terrains tertiaires et quaternaires; ceux-ci n'ont pas de disposition spéciale. L'intention de M. Dru n'est pas de rentrer dans les questions que M. le commandant Roudaire a déjà développées : il désirerait donc connaître d'une façon précise le genre de communication que réclame M. le Président.

M. LE PRÉSIDENT répond que M. le commandant Roudaire a cité, par exemple, quelques passages d'une note résumant les opinions d'ensemble des explorateurs; M. Dru a participé à la rédaction de cette note et l'a signée, il pourrait donc nous donner son opinion personnelle.

M. DRU fait remarquer que l'opinion des explorateurs est consignée dans une note qui a été publiée, et qu'il ne lui appartient pas spécialement de la développer.

M. LE PRÉSIDENT insiste pour avoir à la prochaine séance l'opinion personnelle de M. Dru.

M. DRU répond qu'elle est favorable à ce projet.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

LA

MER INTÉRIEURE

AFRICAINE

PAR M. LE COMMANDANT ROUDAIRE.

Il existe au sud de l'Algérie et de la Tunisie de vastes dépressions naturelles du sol qui se prolongent du méridien de Biskra au golfe de Gabès sur une étendue d'environ 400 kilomètres.

Le fond de ces dépressions est occupé par des surfaces planes, nivelées par l'action des eaux, que les indigènes désignent sous le nom de *chotts*.

Le bassin des chotts peut se subdiviser en trois bassins principaux: le bassin du chott Mel R'ir, celui du chott Rharsa et celui du chott Djerid.

Les chotts sont recouverts de sel cristallisé qui leur donne l'apparence de vastes plaines couvertes de gelée blanche et même de neige, tant la couche en est épaisse en quelques endroits. Les écrivains arabes les ont comparés tantôt à un tapis de camphre ou de cristal, tantôt à une feuille d'argent ou à une nappe de métal en fusion.

Dans le chott Djerid la couche de sel atteint, principalement au sud de Tôzeur et de Nefta, une épaisseur de 1 mètre et plus. D'après les analyses faites par M. Sonnerat, ce sel contient 95.782 pour 100 de chlorure de sodium pur. Aussi les Arabes de la région l'emploient-ils sans préparation comme sel de cuisine.

Si par un temps calme et découvert on s'aventure dans l'intérieur des chotts, on éprouve une chaleur lourde et accablante. Les yeux sont éblouis par la réverbération des rayons du soleil sur les cristaux de sel qui tapissent le sol. Les objets placés sur les bords sont réflé-

chis avec autant de fidélité que dans les eaux les plus transparentes. On se croirait sur un îlot au milieu d'un lac véritable.

Les chotts, avec leur aspect étrange, avec leurs bords où l'on retrouve encore, surtout sur le rivage occidental du chott Mel R'ir, des traces d'érosions profondes, produites par l'action des eaux, ne pouvaient manquer d'attirer l'attention des explorateurs et des savants.

Le voyageur anglais Shaw, le major Rennel ; MM. Henri Duveyrier et Victor Guérin les considéraient comme le lit desséché de l'ancienne baie de Triton.

Notre ancien ambassadeur à Constantinople et à Londres, M. Ch. Tissot qui, en même temps que diplomate, est un archéologue des plus distingués, avait développé cette opinion dans une thèse qu'il avait soutenue en 1863 pour le doctorat ès lettres et qu'il avait intitulée : *De Tritonide lacu.*

Déjà, dès 1845, M. Virlet d'Aoust partant d'altitudes déterminées par le commandant de Boblaye et calculant la cote du chott Mel R'ir d'après la pente de l'oued Djeddi, avait conclu que ce chott devait être au-dessous du niveau de la Méditerranée.

Plus tard, des observations barométriques faites par MM. Wuillemot, Marès, Dubocq, Ville, avaient également donné pour le chott Mel R'ir des altitudes négatives. Mais les résultats présentaient entre eux des écarts considérables. L'altitude de Biskra, qui servait de point de départ, était elle-même fort incertaine. Aussi M. Ville, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui avait étudié la question avec un soin particulier, écrivait-il en 1868 dans son *Exploration des bassins du Hodna et du Sahara* qu'on ne pouvait conclure avec certitude de toutes les observations faites jusqu'alors que le chott Mel R'ir fût au-dessous du niveau de la mer.

Quelques savants, cependant, admettaient le fait sans discussion. Ainsi, en 1864, M. Charles Martins s'exprimait de la manière suivante dans un article de la *Revue des Deux-Mondes :*

« Le dernier de ces chotts s'arrête à 16 kilomètres seulement de la mer. Que l'isthme de Gabès se rompe et le bassin des chotts redevient une mer, une Baltique de la Méditerranée. »

Le projet de mer intérieure était implicitement contenu dans cette phrase.

Quelques années plus tard, en 1869, un écrivain qui s'appuyait sans doute sur ces assertions fort vagues, M. Lavigne, publiait dans la

Revue moderne un article intitulé : *Percement de l'isthme de Gabès.* l'auteur y exposait, en termes enthousiastes, les heureuses conséquences de la submersion des chotts. Malheureusement il admetait *a priori* que les chotts étaient au-dessous du niveau de la mer, sans donner aucune preuve à l'appui. Quelles seraient la profondeur de la nappe d'eau, son étendue, les terres stériles ou cultivées qu'elle recouvrirait? Il ne pouvait répondre à aucune de ces questions. Aussi cet article, malgré le talent de son auteur, passa-t-il à peu près inaperçu. Je n'en eus connaissance que beaucoup plus tard, grâce à M. Maunoir, secrétaire général de la Société de Géographie, après avoir publié mes premiers travaux sur la mer intérieure, et je m'empressai alors de le mentionner dans le rapport que j'adressai, en 1877, au ministère de l'instruction publique.

Attaché dès 1864 aux travaux géodésiques de l'Algérie, j'étais, depuis 1867, tout particulièrement préoccupé de la question de l'altitude des chotts. En 1872 j'obtins d'être chargé par le ministre de la guerre des travaux de triangulation de la méridienne de Biskra, avec le concours du capitaine de Villars. Je disposai la chaîne de triangles de façon à placer le dernier signal aussi près que possible du bord occidental du chott Mel R'ir; puis, au moyen d'un niveau à bulle d'air et de mires parlantes, j'exécutai un nivellement géométrique, ou de *proche en proche*, entre les signaux géodésiques de Tahir-Rassou et de Chegga et le chott Mel R'ir.

Cette opération, terminée en 1873, me prouva que le lit du chott Mel R'ir est à 30 mètres environ au-dessous du niveau de la mer.

Ce fut alors que, partant d'une donnée scientifique certaine, je publiai dans la *Revue des Deux-Mondes* un article intitulé : *Une mer intérieure en Algérie*, dans lequel j'exposais les grandes lignes du projet de mer intérieure.

Le but principal de cet article était de démontrer l'intérêt qu'il y avait à compléter les premiers résultats que j'avais obtenus en faisant un nivellement complet du bassin des chotts.

Dès 1874 le ministre de la guerre me chargea d'exécuter, avec l'aide de plusieurs officiers d'état-major, le nivellement du chott Mel R'ir. Dans l'espace de six mois, 650 kilomètres de nivellement furent exécutés par portées de 100 à 120 kilomètres. Pour continuer les études sur le territoire tunisien, je m'adressai à M. le ministre de l'instruction publique, sous les auspices duquel j'ai pu mener à bonne fin, de 1876

à 1883, plusieurs missions dans lesquelles j'ai été très bien secondé par M. Michel Baronnet. L'historique même très résumé de ces diverses expéditions m'entraînerait trop loin ; je me contenterai de vous dire que les nivellements précédemment exécutés dans le bassin du chott Mel R'ir ont été reliés au golfe de Gabès par de nombreux nivellements exécutés dans les bassins des chotts Rharsa et Djerid, et que des sondages géologiques ont été exécutés sur tout le parcours du canal projeté.

Aujourd'hui les études sont complètement terminées. Le développement des nivellements exécutés par portées de 100 mètres dans les bassins inondables et sur les seuils est de 1,720 kilomètres.

L'Académie des sciences et la commission supérieure de 1882 ont reconnu l'exactitude absolue de ces opérations.

Je vais, du reste, vous donner une idée du soin avec lequel les nivellements ont été exécutés. Nous opérions avec des niveaux Brünner et Gravet-Lenoir, portant au réticule trois fils équidistants. On faisait sur chaque mire deux lectures au fil central et une lecture à chacun des fils excentriques. La somme des lectures faites aux fils inférieur et supérieur devait être égale à la somme des lectures faites au fil central. On ne quittait jamais la station sans avoir fait la vérification. S'il y avait un écart on recommençait. De cette façon il était impossible de commettre des erreurs de lecture ou d'observation. Les lectures faites aux fils excentriques servaient en même temps de stadia pour calculer la longueur des portées. Enfin, lorsque les portées étaient inégales, les corrections relatives à la sphéricité de la terre et à la réfraction étaient faites au moyen de tables spéciales que j'avais calculées d'après le coefficient de réfraction de la région des chotts, coefficient que j'avais déterminé à l'aide de mes observations géodésiques.

Toutes les altitudes ont été rapportées au niveau de la mer la plus basse que nous ayons observée à l'embouchure de l'oued Melah, où j'avais placé un maréomètre en 1878. La marée étant d'au moins 2 mètres dans le golfe de Gabès, il faudrait donc réduire nos altitudes de 1 mètre pour les rapporter au niveau de la mer moyenne.

La commission supérieure de 1882, tout en reconnaissant que la superficie submersible était très bien déterminée pour le chott Mel R'ir, avait ajouté qu'elle était incertaine pour le chott Rharsa, où les nivellements n'étaient pas assez nombreux.

Cette incertitude n'existe plus aujourd'hui. Pendant l'expédition de l'hiver dernier, j'ai exécuté, tant dans le chott Rharsa que sur le seuil de Tôzeur, 200 kilomètres de nouveaux nivellements, et la surface inondable du chott Rharsa est connue maintenant avec autant de précision que celle du chott Mel R'ir. Elle diffère très peu d'ailleurs de celle que j'avais indiquée d'après les premiers nivellements combinés avec les levés topographiques.

La profondeur et les limites des bassins submersibles sont donc aujourd'hui connues avec une grande précision.

Le chott Mel R'ir et le chott Rharsa sont au-dessous du niveau de la mer. Si donc on les mettait en communication avec le golfe de Gabès au moyen d'un canal suffisamment large, les eaux de la Méditerranée s'y précipiteraient et y formeraient une mer intérieure.

La surface inondable du chott Mel R'ir est de 6,900 kilomètres carrés, celle du chott Rharsa de 1,300 kilomètres. La mer intérieure aurait donc une surface totale de 8,200 kilomètres, c'est-à-dire qu'elle serait quatorze ou quinze fois plus grande que le lac de Genève.

En faisant une coupe dans le chott Mel R'ir ou dans le chott Rharsa, on obtient un profil analogue à celui d'une assiette creuse. Le fond est sensiblement horizontal et les bords se relèvent rapidement. La mer intérieure aurait donc à peu près partout la même profondeur, la hauteur d'eau moyenne serait de 24 mètres. Or, il est reconnu que les fonds d'une vingtaine de mètres sont les meilleurs pour la bonne tenue des navires. Même par les grands vents, l'agitation des eaux n'y est jamais que superficielle. Comme, d'un autre côté, il n'y aura dans la mer intérieure que des fonds de sable et principalement de vase, on voit qu'elle offrira à la navigation des conditions exceptionnelles de sécurité.

Nous avons maintenant à examiner quels seraient les avantages de l'établissement de la mer intérieure, ainsi que les moyens et frais d'exécution; mais avant d'aller plus loin, permettez-moi de vous dire quelques mots d'une question qui a joué un grand rôle dans les discussions soulevées par le projet de mer intérieure; je veux parler de l'évaporation.

Quelle sera la hauteur moyenne de la couche d'eau évaporée en vingt-quatre heures, à la surface de la mer intérieure?

Des savants et des météorologistes fort distingués, se fondant la plupart du temps sur leurs propres observations, ont mis en avant des

chiffres fort différents les uns des autres, mais presque toujours exagérés.

Rien n'est plus facile que de se rendre compte des causes de ces divergences et de cette exagération.

MM. Becquerel et de Gasparin ont fait à Versailles des expériences assez nombreuses avec des vases de différentes dimensions et ont constaté que l'évaporation est d'autant moindre que la surface est plus considérable.

D'un autre côté, voici ce qu'on a observé aux salines des Sables-d'Olonne :

Dans les aires salantes de 20 mètres carrés (4 mètres sur 5), on met le matin une couche d'eau de $0^m,03$ qui est déjà très concentrée. Le soir, après une journée d'été dans des conditions moyennes, la hauteur est réduite à $0^m,015$. Cela donne donc une évaporation de 15 millimètres en une journée de douze à quinze heures.

Mais à côté de cela, dans les marais à poisson où la profondeur est au moins de $0^m,25$, on a constaté que pendant un intervalle de dix jours l'eau ne baisse en moyenne que de $0^m,05$, ce qui ne donne plus que 5 millimètres au lieu de 15, non plus en douze ou quinze heures, mais en vingt-quatre heures. Vous voyez donc quel rôle énorme jouent la surface et la profondeur dans le phénomène de l'évaporation.

Ces exemples permettent de poser les conclusions suivantes :

1° Toutes choses étant égales d'ailleurs, l'évaporation diminue quand l'étendue ou la profondeur de la nappe d'eau augmentent ; d'où il résulte que les observations faites sur l'évaporation doivent nécessairement donner des résultats différents, si l'étendue et la profondeur de la nappe d'eau considérée ne sont pas exactement les mêmes ;

2° Les observations étant généralement faites avec des évaporomètres ou sur des nappes d'eau ayant une étendue et une profondeur très restreintes, donnent toujours une évaporation plus considérable que celle qui se produit, dans les mêmes conditions, à la surface des grandes masses d'eau telles que les mers.

Il eût donc été bien difficile de se rendre compte de l'évaporation qui se produira à la surface de la mer intérieure, sans les observations faites par M. Lavalley pendant le remplissage des lacs Amers.

Les lacs Amers, dont la surface est de 250 kilomètres carrés et la

profondeur de 7 à 8 mètres, étaient complètement à sec avant le percement de l'isthme de Suez.

Au moment du remplissage de ces lacs, au moyen des eaux de la Méditerranée, M. Lavalley avait fait établir un déversoir qui permettait de calculer exactement la quantité d'eau introduite. On avait levé dans les lacs un grand nombre de profils en travers, et leur capacité était parfaitement connue. Connaissant la quantité d'eau introduite dans le bassin et le niveau de l'eau que l'on observait sur une échelle graduée, il était facile de déduire l'évaporation. Les observations, poursuivies avec le plus grand soin d'avril à septembre, c'est-à-dire pendant les mois les plus chauds de l'année, donnèrent pour l'évaporation moyenne un chiffre de 3 millimètres et demi par vingt-quatre heures.

Or, les lacs Amers sont situés sous la même latitude que les chotts. La température moyenne de l'année y est de 21°, comme à Biskra. On peut donc affirmer que l'évaporation moyenne à la surface de la mer intérieure sera également de 3 millimètres et demi par jour.

Recherchons maintenant quelles seraient les conséquences de la mer intérieure au point de vue physique.

Les chotts Mel R'ir et Rharsa sont le réceptacle des eaux superficielles ou souterraines d'un immense bassin dont la ceinture s'étend à l'ouest jusqu'au djebel Amour, situé à 400 kilomètres, au sud jusqu'au djebel Hogghar, situé à 1,000 kilomètres.

Ce sont des bas-fonds boueux, marécageux, imprégnés de sel jusqu'à une grande profondeur, dont certaines parties, les Farfaria par exemple, deviennent en été des centres redoutables d'insalubrité palustre. On ne peut s'y aventurer sans guide. La traversée des passages les plus fréquentés n'est jamais exempte de dangers. On cite de nombreux exemples de caravanes entières qui y ont été englouties.

Comment drainer et assainir ces dépressions marécageuses? Où faire écouler toutes les eaux qui s'y déversent? Le problème est insoluble puisqu'elles sont au-dessous du niveau de la mer.

Il n'y a donc qu'un moyen de les assainir et d'en tirer parti; c'est de leur rendre le rôle qu'elles n'ont cessé de remplir que par suite d'un accident de la nature : celui de golfe de la Méditerranée.

Le chott Djerid ne se trouve pas dans le même cas, puisqu'il est au-dessus du niveau de la mer. On peut le drainer et l'assainir en le reliant par une ou plusieurs tranchées, soit à la Méditerranée, soit au chott Rharsa.

Eh bien, le canal de communication qui sera chargé d'amener les eaux de la mer dans le chott Rharsa servira en même temps de tranchée d'écoulement aux eaux stagnantes du chott Djerid, et l'on aura du même coup créé la mer intérieure et rendu à la culture les 500,000 hectares de terrain composés d'un limon très fertile qui constituent la superficie du chott Djerid.

Ainsi, en ne considérant que les dépressions des chotts, le projet de mer intérieure s'impose :

1° Parce qu'il n'y a pas d'autre moyen d'assainir et d'utiliser les chotts Mel R'ir et Rharsa;

2° Parce qu'il aura pour résultat de drainer le chott Djerid.

Considérons maintenant les régions avoisinantes et cherchons à nous rendre compte de l'influence que la mer intérieure exercerait sur leur climat et sur leur fertilité.

Il a été dit, à un moment donné et cela se répète encore quelquefois, que la mer intérieure modifierait le climat du sud de la France. On a même parlé de retour à la période glaciaire.

Supposons un vent du sud arrivant directement de la région des chotts sur les côtes de la Provence. Actuellement ce vent traverse la Méditerranée sur un parcours d'environ 650 kilomètres. La plus grande étendue de la mer intérieure étant de 80 à 90 kilomètres de son bord sud à son bord nord, le vent en question, une fois cette mer créée se trouverait en contact avec une nappe d'eau sur un parcours de 740 kilomètres au lieu de 650; ce qui ne modifierait pas beaucoup ses conditions hygrométriques. Le climat de la Provence dût-il d'ailleurs en devenir un peu plus humide qu'il n'y aurait qu'à s'en louer. D'après M. Ch. Martins, la quantité moyenne annuelle de pluie y est de 651 millimètres seulement tandis que la moyenne générale de la France est de 681 millimètres. Mais les choses ne se passeront pas ainsi. En effet, entre la mer intérieure et la Méditerranée se trouve l'Algérie que coupe transversalement de l'ouest à l'est la grande chaîne de l'Atlas et de l'Aurès dont les points culminants atteignent de deux à trois mille mètres de hauteur.

Après avoir quitté la mer intérieure, le vent du sud viendra se heurter contre le massif de l'Aurès. Il sera obligé de s'élever pour le franchir. En s'élevant il se dilatera et subira par suite de cette dilatation un refroidissement considérable. Ce refroidissement sera encore

accru par le rayonnement vers les espaces supérieurs qui est très grand à une certaine hauteur et par le contact d'un massif montagneux où l'on trouve encore de la neige au cœur de l'été. Par suite de ce refroidissement les vapeurs d'eau enlevées à la mer intérieure se condenseront en nuages et se résoudront en pluies.

Ce n'est donc pas la Provence mais bien l'Algérie, qui en a, sans aucun doute, plus grand besoin, qui bénéficiera des modifications de climat et des pluies produites par la mer intérieure.

Depuis quelques années on remarque en Algérie et principalement dans la province d'Oran que le débit des sources et des cours d'eau diminue de volume. Il semble que l'on marche vers une période de desséchement. L'exécution du projet de mer intérieure s'impose donc comme un des moyens les plus immédiats et les plus énergiques que l'on puisse employer pour combattre le fléau de la sécheresse qui menace notre belle colonie.

On objectera peut-être que le vent du sud qui arrive sur les côtes de Provence, après avoir traversé 650 kilomètres de mer, n'y produit pas des pluies bien abondantes et l'on en conclura que les pluies produites par le même vent, en Algérie, lorsqu'il aura fait sur la mer intérieure un trajet de 80 à 90 kilomètres seulement seront encore moins considérables.

La réponse est facile. Je ferai remarquer d'abord que le vent du sud qui arrive sur les côtes de Provence n'y rencontre aucune chaîne transversale disposée de l'ouest à l'est analogue à celle de l'Aurès. Les Alpines seules sont dans ce cas, mais leur altitude moyenne est à peine de 300 mètres.

Il résulte donc de la disposition orographique de la Provence que le vent du sud n'y subit pas un refroidissement capable de produire une grande précipitation de vapeur.

En second lieu je répondrai que la quantité de vapeur dont se charge un vent qui traverse la mer, n'est pas proportionnelle à la longueur du trajet. Il est évident, en effet, que pendant les 100 premiers kilomètres par exemple, ce vent s'est à peu près saturé et qu'il continue ensuite sa route sans enlever de vapeur à la nappe d'eau qu'il traverse.

Le vent qui traversera la mer intérieure sera donc presque aussi humide que si la surface de cette mer était beaucoup plus grande. D'un autre côté, lorsque ce vent soufflera du sud il viendra nécessairement se heurter à la grande chaîne transversale de l'Aurès que la

nature semble avoir prédestinée à remplir le rôle de condenseur. L'influence de la mer intérieure sur le climat sera donc beaucoup plus grande qu'on ne l'aurait supposé *a priori* en ne considérant que sa superficie.

Cette influence sera d'autant plus considérable que, d'après les observations faites à Biskra pendant plusieurs années, les vents du sud sont dominants pendant l'été. Du premier avril au trente octobre, ils soufflent 130 jours sur 180. Nous avons vu que l'évaporation moyenne en vingt-quatre heures sur la mer intérieure sera de trois millimètres et demi. En multipliant ce chiffre par la surface d'évaporation on trouve que la quantité d'eau transformée en vapeur serait de 28 millions de mètres cubes par jour.

Cette masse énorme d'eau vaporisée sera donc presque toujours poussée vers l'Algérie et ira se condenser en nuages et en pluies sur le massif de l'Aurès, principalement sur le versant sud.

Les vastes plaines situées entre le rivage nord du chott Mel R'ir et l'Aurès seront les premières à bénéficier de ces modifications du climat. Il ne faudrait pas se figurer qu'elles sont composées de sables stériles. Bien loin de là. On y trouve une couche de terre végétale dont la profondeur moyenne est de douze à quinze mètres. Elles ne sont complètement incultes que parce qu'elles sont désolées par la sécheresse.

Même avant de se condenser en nuages et en pluies, les vapeurs produites par la mer intérieure, disséminées dans l'air à l'état invisible exerceront déjà une influence considérable sur le climat. En effet, l'air lui-même se comporte pratiquement comme le vide par rapport à la transmission de la chaleur tandis que la vapeur d'eau possède en même temps une grande transparence pour la lumière et une grande opacité pour la chaleur. C'est ce qui fait que dans le Sahara où il y a très peu de vapeur d'eau l'on voit des nuits très fraîches et même froides succéder à la chaleur accablante du jour. En 1874, le 20 décembre, sur les bords du chott Mel R'ir, le thermomètre est descendu pendant la nuit à 6°9 au dessous de zéro, tandis que la température du jour était de 20 degrés. Les quantités considérables de vapeur d'eau introduites dans l'atmosphère serviront à la fois d'écran protecteur contre les rayons du soleil pendant le jour et contre le rayonnement pendant la nuit.

Si nous ajoutons qu'il s'établira des brises de mer régulières on ne

peut s'empêcher de reconnaître que la mer intérieure aura pour résultat de transformer complètement ces régions si riches et pourtant si déshéritées.

A l'appui de ce que je viens de vous dire je pourrais citer l'exemple de l'isthme de Suez. Le 22 juin 1874, M. de Lesseps disait à l'Académie des sciences : « Il y a vingt ans, on ne voyait presque jamais « pleuvoir dans l'isthme. Je constate que maintenant nous sommes « obligés de faire venir des tuiles de France. Nous avons eu cette « année des pluies considérables. »

M. Lavalley, qui a exécuté la plus grande partie des travaux du canal et qui n'était pas retourné dans l'isthme depuis leur achèvement racontait en 1882 à la commission supérieure combien il avait été surpris de voir en 1874 et 1878 la végétation qui s'était développée sur les bords du canal non seulement du côté Europe, mais encore du côté Asie. Avant, ajoutait-il, il n'y poussait absolument rien.

Je ne cite ce fait que pour *mémoire*, car il est évident que l'influence de la mer intérieure sera bien autrement considérable que celle du canal de Suez, d'abord parce qu'elle aura une surface d'évaporation incomparablement plus grande, ensuite à cause de sa situation topographique au sud de la grande chaîne transversale de l'Aurès. Mais il est d'autres considérations plus frappantes sur lesquelles je dois appeler votre attention.

Je vous disais tout à l'heure que la plupart des savants et des géographes qui se sont occupés du bassin des chotts, l'avaient considéré comme le lit de l'ancienne baie de Triton desséchée. Cette opinion a été très controversée. Les légendes arabes, d'accord avec les textes d'Hérodote, de Scylax, de Pomponius Melas semblent cependant ne laisser subsister aucun doute sur la question. Ainsi les traditions locales veulent que Nefta et le village de Teumbib aient été autrefois des ports. Quoi qu'il en soit, ce qu'il y a de bien certain, c'est que les chotts étaient autrefois remplis d'eau et que l'on pouvait y naviguer. M. Charles Tissot, qui a exploré les chotts en 1852 raconte que l'on a trouvé dans le chott Djérid à Nefta les débris d'une galerie antique. Un autre fait incontestable c'est que la région des chotts et principalement le littoral nord où les Romains avaient fondé un grand nombre d'établissements étaient, à cette époque, incomparablement plus fertiles que de nos jours.

Ainsi donc la région des chotts était fertile lorsque les chotts contenaient de l'eau, elle est devenue stérile lorsqu'ils se sont desséchés. *C'est là surtout le fait historique qui nous intéresse.*

Il importe peu, en effet, que les chotts fussent en communication avec la Méditerranée ou séparés d'elle par un isthme. Il nous suffit de savoir que, lorsqu'ils étaient pleins d'eau, les régions voisines, loin d'être désolées par la sécheresse, jouissaient d'une fertilité exceptionnelle due à l'évaporation qui se produisait à leur surface.

L'influence que la mer intérieure est appelée à exercer sur le climat a du reste été reconnue par l'Académie des sciences et par la commission de 1882. « Des torrents aujourd'hui desséchés, dit le général Favé, rapporteur de la commission de l'Académie des sciences, se transformeraient en cours d'eau permanents et réguliers. On verrait jaillir du sol des sources qui n'existent plus. La vapeur d'eau, en se reformant sur le parcours des cours d'eau, étendrait son influence sur les deux versants de l'Aurès jusqu'à des contrées éloignées des chotts. »

Si j'ai insisté si longuement, Messieurs, sur les modifications du climat, c'est que je tenais à vous démontrer clairement que ces modifications, en raison de la situation particulière de la mer intérieure, seraient beaucoup plus profondes qu'on ne pourrait le supposer à première vue en ne considérant que la surface de cette mer. C'est là un côté capital de la question puisque les frais d'exécution du projet doivent être en grande partie couverts par l'exploitation d'une partie des terrains fertilisés.

Pour en terminer avec les conséquences physiques j'ajouterai que la mer intérieure ne rendrait pas seulement le climat plus tempéré, mais encore beaucoup plus salubre puisqu'elle ferait disparaître des foyers de fièvres paludéennes, tels que les Farfaria qui seraient recouvertes d'une couche d'eaux vives de plus de 20 mètres de profondeur.

Il a été dit, il est vrai, que la mer intérieure ne serait qu'une lagune aux plages alternativement submergées et laissées à découvert sur de vastes espaces. Pour se rendre compte du peu de valeur de ces critiques, il suffit de jeter un coup d'œil sur la planche 65 qui représente trois profils de la mer intérieure supposée remplie et un profil du golfe de Gabès à Sfax ; il est facile de voir que le golfe de Gabès, qui n'est cependant pas un marécage, n'est, auprès de la mer future, qu'une flaque d'eau sans profondeur.

Il est encore un point sur lequel je dois appeler votre attention. On avait dit que la submersion des chotts pourrait produire des infiltrations dont le résultat serait de compromettre la qualité des eaux de la nappe artésienne des oasis. Un des ingénieurs les plus compétents en matière d'hydrologie souterraine, M. Dru, a démontré, au contraire, que les eaux de la mer une fois introduites dans les chotts auront pour effet, par suite de la pression considérable quelles exerceront sur le fond de ces immenses cavités, de refouler les eaux douces qui viennent actuellement s'y épancher. Il en résultera nécessairement une augmentation dans le débit et même dans le nombre des sources et des puits qui fécondent actuellement ces oasis.

Nous allons maintenant rechercher quelles seraient les conséquences de l'établissement de la mer intérieure au point de vue politique.

Avant la campagne de Tunisie on ne trouvait qu'une objection à faire au projet, c'est que nous ne posséderions pas l'entrée de la mer intérieure.

L'objection n'existe plus aujourd'hui, et l'importance politique d'un vaste bassin maritime dont nous serions entièrement les maîtres et qui formerait au sud de l'Algérie et de la Tunisie une puissante frontière militaire ne saurait être sérieusement contestée.

La frontière sud de l'Algérie et de la Tunisie réunies, et du golfe de Gabès au Maroc un développement d'environ 800 kilomètres. Complètement ouverte aujourd'hui, cette frontière se trouverait barrée sur un parcours de 400 kilomètres que pas une caravane ne pourrait franchir sans notre permission. Or les indigènes ne s'insurgent que parce qu'ils ont la ressource de se réfugier dans le sud, et qu'ils peuvent alors continuer la lutte en revenant par des pointes rapides et hardies nous menacer, nous ou les tribus qui nous sont restées fidèles, tantôt sur un point, tantôt sur un autre, jetant ainsi le trouble et l'inquiétude dans le pays et nous forçant à entretenir à grands frais des troupes constamment sur pied.

Mais la mer intérieure ne se bornera pas à nous créer une frontière infranchissable d'une étendue de 400 kilomètres. Elle remplira en même temps le rôle d'un immense bastion qui, pénétrant jusqu'au cœur du Sahara algérien, flanquera les confins sud des provinces d'Alger et d'Oran et surveillera toutes les routes du Sahara. En nous donnant la facilité de débarquer des troupes à Biskra, elle nous permettra en outre de prendre à revers les insurrections qui pourraient éclater

dans l'Atlas et dans l'Aurès, et l'on peut prédire que les Arabes se sentant pris entre deux feux ne songeront plus à se révolter.

Tous les généraux qui se sont occupés sérieusement de la question ont reconnu la haute importance politique de la mer intérieure.

Le général Favé est convaincu que la mer Intérieure pourrait nous aider sinon à supprimer toutes les troupes que nous avons en Algérie, mais du moins à en diminuer graduellement le nombre. Après avoir développé cette opinion devant la commission de 1882, il terminait en concluant que la mer intérieure aurait pour résultat de faire cesser les insurrections en mettant les Arabes dans l'impossibilité d'échapper aux désastres que nous leur infligerions en cas de révolte.

Le général Warnet, de son côté, démontre que la mer intérieure permettrait à l'État de réaliser une économie annuelle d'au moins 14 millions sur l'entretien des troupes d'Algérie et de Tunisie, et conclut que, selon lui et en n'envisageant absolument que l'intérêt politique et militaire, si le projet peut être réalisé avec une dépense de 150 millions, il y a lieu de l'entreprendre.

Le général Philebert, qui a résidé pendant trente ans en Algérie et qui commandait dernièrement encore à Gafsa, a fait également un travail remarquable sur l'importance de la mer intérieure. « Il est pour moi de toute évidence, dit-il en terminant, que si la mer intérieure avait existé nous n'aurions pas eu cette guerre de l'insurrection tunisienne. Peut-être à sa place quelques combats insignifiants, puis la soumission complète par l'impossibilité de lutter et de s'échapper. »

M. Tissot, ingénieur en chef des mines de la province de Constantine, terminait, en 1881, son texte explicatif de la carte géologique provisoire de cette province de la manière suivante : « La mer intérieure, en enlevant aux insurgés la possibilité de se réfugier dans le sud, diminuerait beaucoup, et peut-être même ferait disparaître complètement dans l'avenir, leurs velléités insurrectionnelles. Ne nous épargnât-elle que la moitié d'une campagne comme celle qu'il a fallu faire cette année, il est évident qu'elle nous épargnerait par là beaucoup plus qu'elle ne nous coûterait, et, par conséquent, *même* en s'en tenant au point de vue purement politique, il y a lieu de le faire. »

Enfin, l'amiral Jurien de La Gravière n'envisageant la mer Intérieure qu'au point de vue de son importance comme grand bassin maritime, termine une remarquable étude en déclarant que la création de ce

vaste bassin maritime serait, selon lui, *le plus beau dédommagement qui se puisse rêver des pertes que nous avons récemment subies.*

Messieurs, les considérations que je viens de développer, les citations que j'ai faites ont, je l'espère, porté dans vos esprits la conviction que la France a un intérêt politique considérable à l'exécution du projet de mer intérieure. Une des conséquences les plus immédiates de l'établissement de cette mer serait d'assurer la pacification définitive de l'Algérie et de la Tunisie, tout en nous permettant de réduire notablement les troupes d'occupation.

Est-il besoin maintenant de faire ressortir l'influence que la mer intérieure exercerait sur le développement de la colonisation et du commerce?

Nous venons de voir que cette mer apporterait avec elle la salubrité du climat, la fécondité du sol et la sécurité. Elle offrirait en même temps une voie de communication facile et peu coûteuse.

Ne sont-ce pas là les éléments les plus favorables au développement de la colonisation et du commerce?

Nous allons maintenant nous occuper des moyens et dépenses d'exécution.

Le canal d'alimentation destiné à amener les eaux de la Méditerranée dans les dépressions inondables aura 180 kilomètres entre le chott Rharsa et la Méditerranée.

De 1878 à 1883, vingt-cinq sondages profonds ont été exécutés sur le parcours de ce canal, savoir : onze au seuil de Gabès, onze dans le chott Djerid et trois dans le seuil qui sépare le chott Rharsa du chott Djerid. Partout, excepté au seuil de Gabès, les travaux ont été poussés jusqu'à des profondeurs variant à 10 et 18 mètres au-dessous du niveau de la mer basse et ont permis de constater que le sous-sol est est formé de terrains quaternaires sableux et marno-sableux tendres et homogènes, d'une extraction exceptionnellement facile. Le nombre des échantillons de terrains recueillis dans les divers sondages est de 321. Ces échantillons ont été classés méthodiquement et se trouvent chez M. Dru, ingénieur civil, 69, rue Rochechouart. L'ensemble des sondages représente 800 mètres de terrain exploré souterrainement.

Au seuil de Gabès, à une trentaine de mètres au-dessous du point culminant, on trouve un affleurement de terrain crétacé; mais l'existence de ce petit banc de calcaire à l'entrée du canal doit être considérée comme une circonstance heureuse. Cela permettra, en effet, d'établir, en terrain non affouillable par les eaux, un déversoir au moyen duquel on règlera leur introduction pendant la période de remplissage. Si ce calcaire n'avait pas existé il aurait fallu le remplacer par des ouvrages en maçonnerie, qui eussent été fort dispendieux.

On connaît donc parfaitement la nature des terrains dans lesquels le canal sera creusé. Il s'agit maintenant de déterminer quelles seront les dimensions de ce canal.

En supposant les chotts remplis, le débit du canal devra faire face aux pertes que la mer intérieure subira par suite de l'évaporation.

Nous avons vu que l'évaporation serait de 3 millim. 1/2 par jour; cela donne $1^m,28$ pour la hauteur de la couche d'eau évaporée en un an. Mais les pluies et les rivières rendront à la nouvelle mer une partie de l'eau qu'elle aura perdue par l'évaporation.

D'après les observations faites à Biskra, il tombe actuellement dans la région des chotts 27 centimètres de pluie par an. D'un autre côté, on ne peut pas estimer à moins de 27 centimètres la hauteur de la couche d'eau fournie annuellement au bassin des chotts par les crues de ses affluents et par les sources. Cela fait donc en tout 54 centimètres pour le rapport total des eaux météoriques en un an. Cet apport, retranché de la perte par évaporation qui est de $1^m,28$, laisse 74 centimètres pour l'abaissement réel du niveau qu'il s'agit de compenser par le débit du canal.

En multipliant 74 centimètres par la surface de la mer intérieure on trouve 6 milliards de mètres cubes. En divisant ensuite ce chiffre par le nombre de secondes qu'il y a dans une année on arrive à 187 mètres cubes. Tel est le volume d'eau que le canal d'alimentation devrait fournir par seconde à la mer intérieure pour maintenir son niveau constant.

Remarquez bien, Messieurs, que ce chiffre est fort exagéré. Il est évident en effet que lorsque la mer intérieure existera et que le climat de la région sera profondément modifié, l'apport des eaux météoriques sera beaucoup plus considérable qu'il ne l'est actuellement. Ce n'est

donc pas 187 mètres cubes par seconde, mais un chiffre bien inférieur qu'il faudrait admettre.

Quoi qu'il en soit ce chiffre de 187 mètres cubes par seconde est celui que les ingénieurs des ponts et chaussées de la commission de 1882, avaient adopté comme base de leurs calculs. M. Chambrelent avait donc donné au canal les dimensions suivantes :

Largeur au plafond.	20	mètres
Profond d'eau.	11	—
Talus.	3/2	
Pente du plafond	11	milli. p. kil.

Ce canal, une fois les chotts remplis, devait, d'après les formules de Prony et Bazin, fournir à la mer intérieure 187 mètres cubes par seconde. La pente à la surface de l'eau eût été égale à la pente du plafond c'est-à-dire de 11 millimètres par kilomètre ce qui pour une longueur de 180 kilomètres aurait donné, dans les bassins inondés, une dénivellation de $1^{m},98$ en-dessous de la Méditerranée.

La question du remplissage avait été agitée, mais tous les membres qui avaient pris part à la discussion avaient été d'avis que le débit du canal serait bien supérieur pendant la période de remplissage au débit normal de 187 mètres cubes par seconde qui se produirait lorsque la mer serait remplie.

Cela est incontestablement logique. Les formules de Bazin qui donnent la vitesse d'un courant s'écoulant librement dans un canal, ne sauraient s'appliquer au cas actuel. Il est évident en effet que la vitesse des couches d'eau déjà engagées dans le canal sera accélérée par la pression des eaux de la mer remplissant le rôle d'un réservoir supérieur, à niveau constant. Il y aurait à appliquer une formule analogue à celle des déversoirs.

On avait même exprimé dans le sein de la commission la crainte que les berges du canal ne pussent résister à l'excès de vitesse qui serait dû à la poussée de la mer, ce qui ramenait au système d'agrandissement de la tranchée par l'action des eaux, système que la commission avait repoussé et dont je vous parlerai tout à l'heure.

La deuxième sous-commission semblait donc avoir définitivement adopté les dimensions du canal que j'ai indiquées plus haut ; elle avait fait son rapport général dans ce sens.

Ce rapport fut lu à la séance plénière du 30 juin, séance qui devait

être la dernière puisque le mandat de la commission expirait justement ce jour même.

A la suite de la lecture de ce rapport M. de Freycinet, qui présidait la commission, prit la parole en ces termes[1] :

« Vous voyez, Messieurs, que la sous-commission reconnaît la possibilité pratique de l'exécution et qu'on est arrivé à des conclusions fermes sur les dimensions que devra avoir le canal, en un mot sur tous les détails techniques de l'œuvre à accomplir. La divergence avec M. Roudaire s'établit sur le prix de revient; les évaluations entre les deux documents dont vous avez entendu la lecture varient du simple au triple.

« M. Roudaire croit qu'en tenant compte des circonstances qu'il a indiquées et qui tendent d'après lui, à abaisser l'estimation du mètre cube de déblai, on doit atteindre 160 millions environ

« La sous-commission est arrivée à 450 millions, soit environ le triple.

« Quant aux conditions pratiques de l'entreprise, le rapport de la sous-commission et le projet de l'auteur partent des mêmes données. Il n'y a donc pas lieu jusqu'à présent d'établir une discussion sur ce point, elle doit porter essentiellement sur le résultat financier de l'entreprise. »

Ainsi donc, vous voyez que, jusqu'au dernier moment, la commission était d'accord avec moi sur les données techniques de la question; la divergence ne portait que sur l'estimation du prix de revient du mètre cube et sur les économies que l'on pouvait réaliser en utilisant la force du courant pendant la période de remplissage pour aider au creusement du canal. Je reviendrai tout à l'heure sur ces deux questions.

Ce fut alors que M. Chambrelent rapporteur de la première sous-commission produisit une note à la suite de laquelle la commission se prorogea à huitaine.

Contrairement à ce que la sous-commission avait admis jusqu'à ce jour, il déclarait dans cette note, en s'appuyant sur l'autorité de M. Collignon, que pendant la période du remplissage, alors que la mer

1. *Livre Jaune*, page 470.

intérieure serait vide, le débit du canal serait inférieur à celui qui se produirait quand cette mer serait pleine.

Il est presque superflu de vous faire remarquer l'étrangeté de ces conclusions.

Supposons que la Seine soit un cours d'eau régulier versant dans la Manche 100 mètres cubes d'eau par seconde. Supposons en outre que la Manche vienne tout à coup à se dessécher. En vertu de la théorie précédente la Seine ne pourrait plus écouler par seconde que 80 mètres cubes d'eau, par exemple, au lieu de 100 ! Que deviendraient alors les 20 mètres cubes d'eau restés en arrière ? Ils s'entasseraient nécessairement les uns sur les autres et le desséchement de la Manche aurait ce résultat inattendu de produire l'inondation du bassin de la Seine.

Rien ne prouve mieux la justesse de cette pensée de M. Dupuit : « Les formules ne sont que des outils que doit diriger l'intelligence et qui ne peuvent jamais la remplacer. » (*Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux*, page 228.)

Et cependant, Messieurs, si étrange, si inexplicable que fut cette note de M. Chambrelent, présentée au dernier moment, elle n'en produisit pas moins un effet considérable et contribua dans une large mesure à faire ajourner le projet.

M. Chambrelent, en effet terminait sa note en disant textuellement :

« On est ainsi amené à ce résultat certain que, pour obtenir le remplissage en dix ans, il faudrait plus que tripler la section ce qui ferait *plus que tripler les terrassements*. »

Les terrassements du premier canal étant 415 millions de mètres cubes on arrivait déjà rien qu'en les triplant au chiffre de 1,245 millions de mètres cubes. Ce cube considérable effraya beaucoup de membres de la commission. A partir de ce moment, le projet fut condamné dans leur esprit.

Entendu quelques instants par la commission, je protestai contre la théorie émise par M. Chambrelent. Je fis remarquer qu'en barrant le canal à son extrémité près du chott Rharsa, le canal se remplirait et que le niveau de l'eau y serait le même que celui de la Méditerranée. En ouvrant ensuite la partie inférieure du barrage sur une hauteur

de un mètre seulement on obtiendrait un écoulement dont le débit serait donné par la formule d'hydraulique bien connue

$$Q = 0{,}62\ A\ \sqrt{2\,g\,H}$$

et qui serait égal à 187 mètres cubes par seconde environ. J'en concluais : 1° Que contrairement à l'opinion de M. Chambrelent, on était sûr d'obtenir, pendant le remplissage, un débit aussi grand que lorsque le remplissage serait terminé, puisqu'il suffisait pour cela d'établir à l'extrémité du canal un barrage ayant un orifice à sa partie inférieure ; 2° Que du moment où, en barrant le canal sur presque toute sa hauteur, on avait la certitude de pouvoir introduire dans les chotts 187 mètres cubes d'eau par seconde, il semblait bien difficile d'admettre qu'on n'obtiendrait pas un débit beaucoup plus fort en le laissant complètement ouvert.

Je déclarai d'ailleurs que dans tous les cas on pouvait plus que tripler le débit sans arriver à beaucoup près au chiffre de 1,245 millions de mètres cubes de déblais.

Je prouvai ce que j'avais avancé en indiquant pour le canal les dimensions suivantes :

Largeur au plafond	30	mètres
Profondeur d'eau	14	—
Talus	3/2	
Pente du plafond	35 mill.	p. kil.

En calculant d'après les formules de Bazin on trouve que le débit du canal serait de 704^{m},4 par seconde, c'est-à-dire presque quatre fois plus grand que celui du premier canal.

Les déblais loin d'être plus que triplés, c'est-à-dire de dépasser 1,245 millions de mètres cubes ne s'élèveraient qu'à 602 millions.

Le débit de ce canal, toujours d'après les formules de Bazin, serait de 22 milliards 200 mètres cubes par an. La capacité des chotts est de 172 milliards de mètres cubes. En évaluant pendant la période de remplissage l'évaporation annuelle à 5 milliards de mètres cubes ce qui donne 50 milliards pour dix ans, on voit que pour opérer le remplissage en dix ans, le canal devrait fournir à la mer intérieure 222 milliards de mètres cubes ; ce qu'il fournira en réalité puisque son débit sera de 22 milliards 200 millions de mètres cubes par an.

Il est évident que si l'on devait faire exécuter tous les déblais de main d'homme il y aurait lieu de réduire les dimensions du canal que je viens de décrire, d'abord parce que les vitesses d'écoulement seront, par suite de la poussée de la mer, beaucoup plus grandes que celles qui ont été calculées d'après les formules du régime permanent, ensuite parce qu'il n'a pas été tenu compte de l'accroissement des eaux météoriques restituées à la mer intérieure, accroissement résultant de modifications qui se produiront dans le climat. Mais il n'est pas nécessaire de diminuer les déblais. Mon intention est de faire le canal au moins aussi grand que celui qui a été définitivement adopté par la commission, parce que l'on peut faire exécuter la plus grande partie du travail par les eaux de la mer.

Avant d'aller plus loin recherchons quel sera le prix de revient d'un mètre cube de déblai exécuté de main d'homme.

Ainsi que je vous le disais tout à l'heure les terrains à déblayer sont tendres, homogènes et d'une extraction exceptionnellement facile. Jamais les procédés mécaniques d'extraction n'auront pu être appliqués avec autant de régularité et de certitude. Ces procédés se perfectionnent tous les jours, mais en ne calculant que sur ceux qui sont actuellement en usage, un ingénieur très compétent, M. Lion, a établi des devis très minutieux d'après lesquels le prix du mètre cube de déblai exécuté dans le canal de la mer intérieure ressortira à 50 centimes.

Ce prix de 50 centimes comprend non seulement la fouille, la charge de transport et la décharge, mais encore l'amortissement du matériel, son usure, les frais de réinstallation, les frais généraux, le service sanitaire, les accidents, les fausses manœuvres, etc., et enfin le bénifice de l'entrepreneur.

« On peut être surpris, au premier abord, dit en terminant M. Lion, de ce prix de 50 centimes plus réduit qu'aucun de ceux auxquels on est arrivé jusqu'à ce jour dans les terrassements ; mais on comprend bien vite l'économie qu'amène un cube aussi considérable à enlever avec des installations une fois faites.

« Les formules ordinaires, tant pour la fouille et la charge que pour le transport contiennent en effet implicitement ou explicitement une constante, due à l'amortissement du matériel et des installations.

« Cette constante diminue au fur et à mesure que s'élève le nombre de mètres cubes, jamais, jusqu'à ce jour, elle n'aura été réduite

comme dans le cas présent et c'est la principale cause du prix réduit auquel nous sommes arrivé, prix que nous avons établi avec grand soin et en toute sincérité. »

Les devis de M. Lion ont été examinés avec le plus grand soin par des entrepreneurs très sérieux et très honorables qui les ont approuvés et ont déclaré être prêts à se charger du travail à ces conditions. Un de ces entrepreneurs, M. Gellerat avait d'ailleurs établi de son côté un autre devis d'après lequel le prix du mètre cube de déblai ressort également à 50 centimes.

Je vous disais il y a un instant que nous n'avions pas à discuter sur les dimensions du canal et par suite sur le cube des déblais parce que nous pouvions faire exécuter la plus grande partie du travail par les eaux de la mer.

Nous avons vu que le volume d'eau à jeter dans les chotts, pour en opérer le remplissage en dix ans, était, en tenant compte de l'évaporation, de 222 milliards de mètres cubes.

Est-il possible d'imaginer que l'on néglige la force de suspension et d'entraînement de cet énorme volume d'eau?

Nous avons déjà de nombreux exemples de l'utilisation de la force des courants pour le creusement des canaux. C'est ainsi, par exemple, qu'un célèbre ingénieur hollandais, M. Caland, a obtenu en moins de deux ans, à l'embouchure de la Meuse, un approfondissement de 10 mètres et un élargissement de 80 mètres.

Afin d'utiliser cette force naturelle, nous ne donnerons tout d'abord au canal ses dimensions définitives (30 mètres de largeur au plafond et 14 mètres de profondeur) que dans la partie du seuil de Gabès, où se trouve le calcaire. Partout ailleurs, nous nous contenterons de creuser une tranchée ayant 13 mètres seulement de largeur au plafond, une profondeur d'eau de 3 mètres, des talus à 45° et une pente de 6 centimètres par kilomètre vers le chott Rharsa.

Par suite de cette pente, le plafond de la tranchée débouchera dans le chott Rharsa à la profondeur de 13^{m},86 au-dessous du niveau de la mer.

Afin d'éviter que le chott Rharsa ne se remplisse tout d'abord, nous creuserons en même temps dans le petit seuil d'Aslondj une tranchée analogue ayant à son point de départ 14 mètres de profondeur au-dessous du niveau de la mer.

Au début de l'opération, lorsque les eaux de la mer seront introduites dans la tranchée initiale, il s'y établira un courant ayant une vitesse minima de 60 centimètres par seconde. Cette vitesse augmentera au fur et à mesure que la tranchée s'agrandira. Afin de faciliter l'action des eaux, on soulèvera et on désagrégera le sol du canal au moyen de bacs à rateau.

En admettant que le courant entraîne les matières terreuses dans la proportion de 1/50 du volume d'eau débitée, le canal sera porté en deux ans et demi à ses dimensions définitives : 30 mètres de largeur de plafond et 14 mètres de profondeur.

Cette proportion de 1/50 n'a rien d'excessif, puisqu'elle a été constatée dans certaines rivières telles que la Dimbowitza, qui coule à Bukarest, où l'action du courant n'est pas secondée par des appareils fouilleurs.

On a objecté contre ce système la difficulté qu'il y aurait à obtenir l'entraînement des déblais sur une longueur de 180 kilomètres. J'invoquerai à ce sujet ce que dit M. Dupuit dans ses *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux :* « Supposons que la section et la pente d'un grand cours d'eau à fond mobile soient régulières. Le liquide, vers la source, s'est saturé d'une certaine quantité de sables, de graviers et de cailloux qu'il transporte avec lui; toutes les couches étant saturées, la section et la pente constantes, il ne déposera ni ne prendra rien en route et portera directement à l'embouchure ce qu'il aura pris dans les parties supérieures de son cours. »

Le courant qui s'établira dans la tranchée initiale à section et à pente constantes transportera donc directement, quelle que soit la longueur du canal, les sables et les argiles dont il se sera saturé jusqu'au fond de la dépression du chott Rharsa.

Il n'y a pas à craindre que les déblais entraînés dans le chott Rharsa puissent l'obstruer ou même l'exhausser d'une manière sensible. Sa superficie étant de 1,300 millions de mètres carrés, 300 millions de mètres cubes de limon n'y produiraient qu'un exhaussement d'environ 25 centimètres.

Le volume total des déblais à exécuter pour creuser le canal complet dans la partie calcaire du seuil de Gabès et les tranchées initiales de 13 mètres de largeur dans les autres parties s'élèverait à 260 millions de mètres cubes. On pourrait réduire ce cube en donnant à la tranchée

initiale une largeur moindre au plafond. J'avais pensé tout d'abord à une tranchée initiale ayant 3 mètres de tirant d'eau et 7 mètres seulement de largeur au plafond, et M. Caland, que j'avais consulté à ce sujet, m'avait répondu que cette section lui semblait très bien choisie. Quoi qu'il en soit, on voit que, même en donnant aux tranchées la largeur de 13 mètres, les déblais à exécuter de main d'homme n'entraîneraient, au prix de 50 centimes le mètre cube, qu'une dépense de 130 millions.

Jamais, d'ailleurs, on ne se sera trouvé dans des conditions aussi favorables pour appliquer le procédé d'entraînement des déblais par les eaux.

D'un côté, une tranchée en ligne droite à section et à pente régulières, creusée en terrain homogène; de l'autre, un réservoir inépuisable à niveau constant fournissant un volume d'eau de plus en plus grand au fur et à mesure que cette tranchée s'élargira et s'approfondira; avec cela, la facilité de régler le débit au moyen d'un déversoir établi au seuil de Gabès, dans la partie calcaire non affouillable; la possibilité, en fermant ce réservoir à marée basse et en l'ouvrant tout à coup à marée haute, de produire au besoin des chasses puissantes; à l'extrémité de la tranchée, enfin, une immense dépression au fond de laquelle les déblais seraient précipités.

Pour exécuter les déblais à enlever directement, on se servira des excavateurs d'un modèle un peu supérieur à ceux employés actuellement en France. Ces excavateurs pouvant extraire 3,000 mètres cubes par jour en donneront facilement 2,500 à transporter, surtout dans les terrains sablonneux où l'on opérera. Si nous supposons soixante-cinq jours d'arrêt, nous aurons, par excavateur et par an, 750,000 mètres cubes. Quatre-vingts excavateurs enleveraient donc 60 millions de mètres cubes par an, et les 260 millions de mètres cubes à déblayer de main d'homme seraient enlevés en quatre ans et quatre mois.

Nous avons vu que le courant mettrait ensuite deux ans et demi à agrandir la tranchée jusqu'aux dimensions de 30 mètres de plafond et de 14 mètres de profondeur d'eau. Pendant ces deux ans et demi, 20 milliards de mètres cubes d'eau environ auront été introduits dans les chotts. Il faudrait, en calculant d'après les formules de Bazin, huit ou neuf ans encore pour terminer complètement le remplissage. Mais c'est là un maximum, car les vitesses d'écoulement seront nécessaire-

ment plus grandes. Rien n'empêchera d'ailleurs d'utiliser l'action du courant pour donner au canal 40 et même 50 mètres de largeur au plafond au lieu de 30. On peut donc être certain que cette dernière période de huit à neuf ans sera notablement réduite. Il est à remarquer en outre que, dans tous les cas, dès la troisième année l'eau atteindrait dans la mer intérieure une profondeur d'une dizaine de mètres. Notre frontière militaire serait constituée. La surface d'évaporation serait à peu de chose près aussi considérable que lorsque les chotts seraient complètement remplis, et par conséquent le climat serait déjà entièrement modifié.

La commission supérieure de 1882, avait établi ses devis en supposant que le seuil qui sépare le chott Rharsa du chott Djerid était constitué par un banc compact de calcaire. En voici la raison. Dans mes expéditions précédentes j'avais bien exécuté des sondages au seuil de Gabès et sur le parcours du canal dans le chott Djerid, mais le temps m'avait manqué pour en faire également au seuil de Tôzeur. La commission était donc dans son droit en mettant les choses au pis.

Or, l'hiver dernier, je suis retourné dans les chotts accompagné de M. Baronnet et de M. Dereux maître sondeur très expérimenté de la maison Dru, et j'ai fait exécuter des sondages dans le seuil de Tôzeur. Nous n'y avons pas trouvé la moindre trace de rochers. Les sondages poussés jusqu'à 18 mètres au-dessous du niveau de la mer, n'ont rencontré que des sables si peu consistants que le trou de sonde a pu être foré au moyen d'une simple cuillère à soupape. M. de Lesseps qui s'intéresse tout particulièrement au projet de mer intérieure est venu nous rejoindre sur le terrain accompagné d'un groupe d'ingénieurs et d'entrepreneurs. Il a vu fonctionner le sondage placé au sommet du seuil de Tôzeur et a recueilli lui-même dans la cuillière à soupape le sable qu'elle remontait de la profondeur de 73 mètres au-dessous du sol, quelques jours après, il le déposait comme échantillon sur le bureau de l'Académie des sciences.

M. de Lesseps ne s'est pas borné à visiter les opérations du seuil de Tôzeur. Bravant les fatigues et les privations, il a tenu à parcourir tout le bassin des chotts, de l'embouchure de l'oued Melah à Biskra. Il est revenu enthousiasmé de son voyage et plus convaincu que jamais de l'intérêt qui s'attache à l'exécution du projet de mer intérieure.

Les ingénieurs et les entrepreneurs qui l'accompagnaient n'étaient

pas moins enthousiasmés. Je ne saurais mieux rendre compte de leurs impressions qu'en vous donnant lecture du rapport sommaire qu'ils ont rédigé d'un commun accord dès leur arrivée à Biskra :

RAPPORT SOMMAIRE.

« Au cours de l'exploration qu'ils viennent de faire dans les chotts tunisiens et algériens de Gabès à Biskra, les soussignés, invités par MM. Ferdinand de Lesseps et Roudaire à se rendre sur les lieux pour donner leur avis sur le projet de mer intérieure et son exécution pratique, on fait les constatations suivantes :

« 1° *Au point de vue maritime*, l'embouchure de l'oued Melah, origine du canal de la mer aux chotts inondables, présente une partie couverte à haute mer à une largeur suffisante, qui pourra être facilement creusée et constituer un port naturellement à l'abri de tous les vents du nord-est au sud en passant par l'ouest ; les vents de nord-est au sud en passant par l'est ne pourront être dangereux, le port en étant garanti par de simples jetées.

« La rade en face de l'entrée se trouve d'ailleurs exactement dans les mêmes conditions que celle de Gabès.

« La navigation dans le canal ne peut offrir aucune difficulté, sa direction étant presque rectiligne.

« Quant à la tenue des bâtiments dans la mer intérieure, il a été de toute facilité à la commission de s'assurer de l'absence de roches : partout le fond sera de vase ou de marne et, avec les profondeurs moyennes de 20 mètres, on sera toujours certain qu'un bâtiment, *quel qu'il soit*, n'aura rien à craindre pour sa sécurité.

« 2° ***Relativement aux résultats agricoles***, tous les terrains situés sur le rivage nord de la mer intérieure et du canal, de Gabès à Biskra, sur un parcours de près de 500 kilomètres, sont généralement de même nature que les plus fertiles de l'Algérie et de la Tunisie.

« Il ne leur manque qu'un peu d'eau pour qu'ils deviennent d'une très grande fécondité et une immense source de richesse et de prospérité pour le pays.

« La modification du climat qu'amènera naturellement la présence d'une très grande nappe d'eau dans le bassin des chotts, jointe à l'utilisation des eaux souterraines dont la présence a été constatée, tant par les sondages que par l'existence des puits naturels qui servent à l'alimentation des tribus et à l'aménagement des eaux superficielles, permettra incontestablement de rendre à la culture ces vastes espaces aujourd'hui improductifs, et d'y trouver, indépendamment des autres sources de revenus, telles que pêcheries, droits de navigation, etc., etc., une large rémunération pour les capitaux engagés dans cette entreprise.

« 3° *En ce qui concerne les opérations de nivellement* de M. le commandant Roudaire, il a été unanimement reconnu qu'elle ont été faites avec le soin le plus minutieux et une méthode infaillible, et qu'elles sont d'une exactitude absolue.

« 4° *A l'égard de l'exécution des travaux*, il a été constaté que les terrains rencontrés seront d'une extraction très facile, à laquelle les procédés mécaniques pourront être appliqués.

« Les roches calcaires constatées par les sondages de M. le commandant Roudaire en 1879, à la base du seuil de Gabès, et dont le volume est relativement peu important, constituent à l'entrée du canal un avantage plutôt qu'un inconvénient.

« Elles fourniront, en effet, les matériaux nécessaires à l'exécution des jetées et des constructions du port.

Elles permettront en outre, si cela est nécessaire, d'établir à peu de frais, à l'entrée du canal, une vanne au moyen de laquelle on réglera, suivant les besoins, l'introduction de l'eau pendant le remplissage.

« Dans le parcours du canal au travers du chott Djerid, le tracé suit la rive nord de manière à se tenir éloigné des terrains vaseux de la partie centrale du chott.

« Au seuil qui sépare le chott Djerid du chott Rharsa, le nouveau tracé, récemment étudié à Tôzeur par M. le commandant Roudaire, évite complètement les roches signalées précédemment à Kriz, et dont la commission supérieure avait estimé le volume à 25 millions de mètres cubes.

« L'altitude du nouveau col est d'ailleurs inférieure de 12 mètres à celle du col de Kriz.

« Le sondage fait au point culminant du nouveau tracé a démontré qu'on ne rencontrera que des sables.

« Eu égard à la nature des terrains traversés, il est évident qu'il suffira de creuser tout d'abord dans la partie d'alluvions un canal d'une largeur moyenne de 25 mètres à 30 mètres, qui sera agrandi au moyen du courant lui-même.

« Cette tranchée pourra être exécutée dans une période maxima de cinq années, et son prix de revient peut être évalué à une somme de 150 millions.

« 5° *La question politique et militaire* est certainement très importante.

« La commission tout en étant frappée des avantages incontestables que retirera la France de la création de la mer intérieure, considère qu'elle sortirait de son rôle en développant son opinion à ce sujet.

« A Couvreux fils, entrepreneur de travaux publics.
« Emile Dollot, ingénieur des arts et manufactures.
« Léon Dru, ingénieur.
« Duval-Terrasson, entrepreneur de travaux publics.
« Gellerat fils, entrepreneur de travaux publics.
« G. de Kersabiec, lieutenant de vaisseau.
« Anatole Lion, ingénieur.

« Biskra, le 4 avril 1883. »

Il me reste maintenant à vous dire quelques mots du côté financier de l'entreprise.

Malgré les avantages considérables que le pays tout entier retirera de l'exécution du projet de mer intérieure, tant au point de vue politique qu'au point de vue de la colonisation et de la prospérité de l'Algérie et de la Tunisie, les travaux peuvent être exécutés sans le concours financier du gouvernement,

Les bénéfices de l'entreprise consisteront :

1° Dans l'exploitation d'une partie des terrains autour de la mer intérieure, qui seraient concédés à la compagnie qui se chargerait de l'exécution des travaux. Ces terrains, principalement ceux qui sont situés

au nord des chotts, sont, comme je vous l'ai déjà dit, recouverts d'une couche de terre végétale de 12 à 15 mètres de profondeur. Ils sont actuellement complètement improductifs à cause de la sécheresse. Ils acquerront une valeur importante par suite des modifications du climat, dues à la présence de la mer intérieure.

Tous ceux qui se sont occupés de colonisation dans la région des oasis savent que partout où l'eau est assez abondante pour permettre la mise en rapport du sol, chaque hectare cultivé donne un revenu net annuel de plus de 1,000 francs.

On peut juger par là des bénéfices considérables que la compagnie retirerait des terrains qui lui seraient concédés. Ces bénéfices n'auraient d'ailleurs rien que de très légitime. Les effets bienfaisants de la mer intérieure ne se feront pas sentir seulement sur la zone concédée; ils s'étendront bien au delà. La compagnie ne recueillera donc, en réalité, qu'une partie des richesses qu'elle aura créées.

2° Dans les pêcheries.

L'exemple des lacs Amers permet de compter d'une manière absolue sur des bénéfices considérables résultant des pêcheries de la mer intérieure. Ces lacs, complètement à sec avant l'ouverture du canal de Suez, sont devenus très poissonneux, malgré la salure des eaux, provenant de la dissolution du banc de sel qui occupe le fond de leur lit. Cet excès de salure semble même un attrait pour les poissons, car ils abandonnent le lac Timsah qui reçoit le trop plein du canal d'eau douce, et qui, par conséquent, est moins salé, pour se porter en masse dans les lacs Amers. Ceux-ci sont situés à 100 kilomètres de la Méditerranée et à 30 kilomètres seulement de la mer Rouge. Mais il est à remarquer que les espèces qu'on y trouve sont presque toutes de la Méditerranée. On voit donc que la longueur du canal ne peut être considérée comme un obstacle à l'empoissonnement de la mer intérieure.

Comme exemple des revenus que peuvent donner les pêcheries, je citerai le lac Mensaleh, dont la surface est relativement peu considérable, et dont la pêche est affermée 2 millions par an. Le fermier, qui est indigène, réalise de très beaux bénéfices et cependant l'exploitation est très mal faite. Certaines espèces, dès qu'on les a dépouillées de leurs œufs pour faire une sorte de caviar appelé boutargue, sont rejetées et se perdent ainsi sans profit, alors que l'on pourrait au

moins en extraire l'huile et en faire ensuite du guano. Les autres espèces, salées pêle-mêle, sans triage préalable, sont répandues dans toute l'Égypte où elles servent à la nourriture des fellahs. On peut donc conclure que les pêcheries de la mer intérieure donneront un revenu très important.

3° Dans l'exploitation des salines.

Le chott Djerid est recouvert en certains points, principalement au sud de Tôzeur et de Nefta, de couches de sel cristallisé qui en font une vaste saline naturelle. Ainsi que je vous l'ai déjà dit, ce sol contient 95,782 pour 100 de chlorure de sodium. Il renferme donc une proportion de *sel vrai* aussi élevée que celle des chlorures marins les plus riches. Le sel d'Agde n'en contient que 95,676 pour 100. Le chemin de fer que la compagnie installera latéralement au canal, dès le début des travaux, permettra d'exploiter immédiatement, et pour ainsi dire sans frais, ces immenses quantités de sel dont la blancheur et la pureté sont exceptionnelles.

4° Dans les droits de transit.

Je ne mentionne que pour mémoire cette source de bénéfices. Quelle que soit en effet l'importance que la nouvelle mer doive acquérir comme route commerciale, la compagnie ne tirera du transit que des revenus relativement minimes, car elle aura intérêt à réduire les droits de passage autant que cela sera nécessaire pour que les transports soient moins coûteux par la mer intérieure que par les autres voies de communication.

Le temps me manquerait, Messieurs, pour passer en revue toutes les objections qui ont été faites contre le projet de mer intérieure. Du reste, toutes les objections d'ordre technique se trouvent réfutées implicitement par l'exposé que je viens de vous faire. Aucune d'elles, d'ailleurs, ne résiste à un examen sérieux. Aussi la commission supérieure de 1882 n'a-t-elle trouvé qu'un grief à articuler contre le projet, c'est que sa réalisation coûterait probablement très cher. Elle a reconnu, d'ailleurs, que l'exécution pratique ne présenterait aucune difficulté particulière et qu'il ne pouvait en résulter que des conséquences avantageuses à tous les points de vue.

Tout cela, d'ailleurs, est aujourd'hui admis par tout le monde,

excepté peut-être par quelques adversaires passionnés. Mais à défaut d'objections d'ordre technique, on en a produit d'ordre économique ou financier. Il fallait s'y attendre. Le projet de mer intérieure ne jouissant d'aucune immunité particulière, devait, comme toutes les grandes entreprises, être l'objet de critiques de ce genre.

Permettez-moi de vous citer à ce sujet un exemple célèbre. Le 7 juin 1857, lord Palmerston s'exprimait ainsi devant la Chambre des communes :

« C'est une entreprise (celle du canal de Suez) qui, je le crois, au point de vue commercial, peut être jugée comme étant au rang de ces nombreux projets d'attrape (*bubble*) qui de temps en temps sont tendus à la crédulité des capitalistes gobe-mouches.

« Je pense qu'elle est physiquement impraticable, si ce n'est par une dépense qui serait beaucoup trop grande pour garantir aucune espérance de rémunération. Je pense donc que ceux qui engagent leur argent dans une entreprise de cette espèce se trouveront déplorablement déçus par le résultat. »

Cette attaque violente, quoique venant de si haut, n'a pas empêché M. de Lesseps de mener à bonne fin l'entreprise la plus féconde du siècle.

Il en sera de même de la mer intérieure. Les attaques injustes ne nous décourageront pas, parce que nous sommes soutenus par le sentiment d'un devoir à accomplir et aussi, pourquoi ne l'avouerions-nous pas, par le désir d'attacher notre nom à une œuvre patriotique et glorieuse.

On a dit encore, à propos de la mer intérieure, qu'il fallait songer à la France avant de s'occuper de l'Algérie.

En partant de ce principe, Messieurs, il n'aurait pas fallu faire un seul chemin de fer en Algérie, avant d'avoir terminé complètement le réseau français.

L'Algérie, d'ailleurs, n'est-elle pas la France elle-même prolongée au delà de la Méditerranée, non plus la France resserrée entre des limites naturelles ou politiques, mais ayant au contraire de larges horizons ouverts devant elle?

On se figure trop souvent que l'Algérie reste stationnaire ou à peu près. C'est une grande erreur. Il y a eu depuis une dizaine d'années

des progrès considérables réalisés. Permettez-moi de vous citer à ce sujet les paroles suivantes, prononcées ces jours derniers par M. Tirman, gouverneur général de l'Algérie, à la séance d'ouverture de la session du conseil supérieur :

« Ce pays sera dans peu d'années une source importante de revenus pour la métropole. Le spectacle de sa prospérité prouvera aux incrédules que sur cette terre toute française, le travail, l'union et l'amour de la patrie peuvent encore enfanter des prodiges. »

MÉMOIRE

SUR LA

CHAINE FLOTTANTE

DES MINES DE FER DE DICIDO

(PROVINCE DE SANTANDER, ESPAGNE)

PAR **M. A. BRÜLL.**

EXPOSÉ

Le chemin de fer à chaîne flottante, pratiqué depuis plus de trente-cinq ans dans le bassin houiller du Lancashire, a reçu, dans ces dernières années, plusieurs applications en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, en France et en Algérie.

Dans la province de Constantine, nous avons établi en 1878-79 un chemin de fer de ce genre, de 7 kilomètres de longueur, pour transporter à la mer les minerais de fer des mines d'Aïn-Sedma. Les résultats ont été satisfaisants, et nous avons publié la description de cet ouvrage, avec le compte rendu du fonctionnement, dans les numéros d'octobre et novembre 1881 et de janvier 1882 du *Portefeuille économique des machines*, fondé par C. A. Oppermann.

Dans le district de Bilbao, dont les richesses minérales sont exploitées avec une activité toujours croissante, les mineurs se servent pour descendre leur minerai à la rivière ou à la mer, des modes de transport les plus variés. Les câbles aériens, entre autres systèmes, y sont appliqués sur une grande échelle et rendent dans tout le pays les plus précieux services.

Mais le développement de l'extraction, l'importance sans cesse plus grande des embarquements, amènent les exploitants à recourir à des moyens plus puissants.

Le système de la chaîne flottante pénètre dans le district et nous avons été chargé l'année passée d'étudier et de faire construire une chaîne flottante de 1 kilomètre pour la Société Franco-Belge des mines de Sommorostro et une autre de 3 kilomètres pour la mine de fer de Dicido, près Castro-Urdiales, province de Santander, appartenant à MM. Hollway Brothers de Londres avec quelques associés. Cette mine est maintenant exploitée par une Société dont la raison sociale est *Dicido Iron ore C° Limited*. Ces deux transports fonctionnent régulièrement depuis quelques mois.

Nous nous proposons de décrire le chemin de fer de Dicido qui est automoteur, d'un profil accidenté et qui présente plusieurs particularités dignes d'intérêt.

Mais nous devons rappeler d'abord en quoi consiste le système de chemin de fer à chaîne flottante et comment on peut en déterminer les éléments principaux.

CHAPITRE PREMIER

Description générale du système de chemin de fer à chaîne flottante.

Le système de chemin de fer à chaîne flottante comporte une double voie de mine : une voie pour les berlines pleines et l'autre pour les vides.

En plan, le chemin de fer est tracé suivant une seule ligne droite ou à peu près droite, ou bien il se compose de plusieurs alignements successifs. Le profil en long admet des pentes et des rampes de forte inclinaison, pouvant dépasser 30 pour 100, de sorte qu'il épouse en général le relief du sol naturel, excepté dans les terrains très accidentés.

Les wagonnets sont échelonnés à une distance constante, qui varie ordinairement entre 10 et 30 mètres ; ils garnissent l'une et l'autre voie du point de départ au point d'arrivée.

Une chaîne-câble ordinaire sans fin repose sur les wagonnets dans des fourches fixées à l'une de leurs faces transversales, flotte sans toucher la voie entre les wagons consécutifs et s'enroule autour de deux poulies horizontales placées aux extrémités de chaque alignement.

Les wagonnets et la chaîne se meuvent d'une façon continue et uniforme. La vitesse est faible et s'abaisse souvent au-dessous d'un mètre par seconde.

Les poulies sont placées assez haut au-dessus des rails pour que les wagons puissent passer librement dessous. A l'entrée et à la sortie, la chaîne est supportée à la hauteur de la poulie par des galets verticaux, de sorte que l'un et l'autre brin s'abaisse en courbe depuis le galet jusqu'à la fourche du premier wagonnet; c'est sur cette courbe que l'accrochage des berlines qui s'engagent sur le chemin de fer, et le décrochage des berlines qui en viennent, se produisent automatiquement. L'envoyage et la recette des berlines sont faits par un ouvrier; de légères pentes dans le sens du mouvement facilitent ces manœuvres.

A la rencontre de deux alignements consécutifs, les berlines dégagées de la chaîne, passent d'une ligne à l'autre, soit par un plancher de plaques en fer sur lequel on les manœuvre, soit à l'aide d'un raccordement en courbe de faible rayon établi sur l'une et l'autre voie avec la pente voulue pour assurer la transmission automatique des wagonnets; on entretient cependant dans ces postes un jeune ouvrier, mais il n'agit que comme garde et n'a aucun effort à produire.

Quand une section présente entre ses extrémités une différence de niveau favorable aux wagons chargés et suffisante en proportion de la longueur, le système est automoteur : le travail utile de la pesanteur dépasse le travail des diverses forces résistantes. Lorsqu'une ligne de ce genre est isolée ou indépendante, on doit la pourvoir d'un frein et d'un régulateur de vitesse.

Si l'alignement ne présente pas de dénivellation dans le sens favorable, ou s'il n'a qu'une chute trop faible, il faut commander l'une des poulies par un moteur animé ou mécanique.

Mais on peut aussi quelquefois actionner un alignement de ce genre à l'aide de la force motrice disponible sur un alignement contigu. Il suffit pour cela d'établir au point de croisement deux poulies calées sur un même arbre.

C'est ainsi que, soit sur un alignement unique, soit sur un chemin de fer formé de plusieurs alignements convenablement reliés, les wagons chargés peuvent gravir quelquefois des contre-pentes considérables sans que le chemin de fer cesse d'être automoteur; c'est là un des avantages de la chaîne flottante qui devient vraiment précieux dans des contrées découpées de nombreux ravins.

Le tracé qui n'est pas restreint par des conditions étroites imposées au profil, peut aller souvent presque droit du point de départ au point d'arrivée. De plus, une autre propriété du système consiste dans la continuité de mouvement qu'il comporte. Grâce à cette continuité, on peut transporter journellement un énorme tonnage dans des vases de faible contenance roulant à très petite vitesse sur des voies de construction légère, à l'aide de moteurs relativement peu puissants ou sans avoir besoin de moteur.

CHAPITRE II

Détermination des principaux éléments d'une chaîne flottante.

Nous avons dit que le profil longitudinal suivait souvent l'inclinaison naturelle du terrain; mais le raccordement des pentes et rampes ainsi tracées exige quelque précaution.

Si ce raccordement est trop brusque dans les creux, comme la chaîne ne repose sur les wagons que par le seul effet de la pesanteur, la tension de la chaîne pourra la soulever et les berlines ainsi abandonnées se rassembleront dans les points bas d'où il sera difficile de les faire sortir.

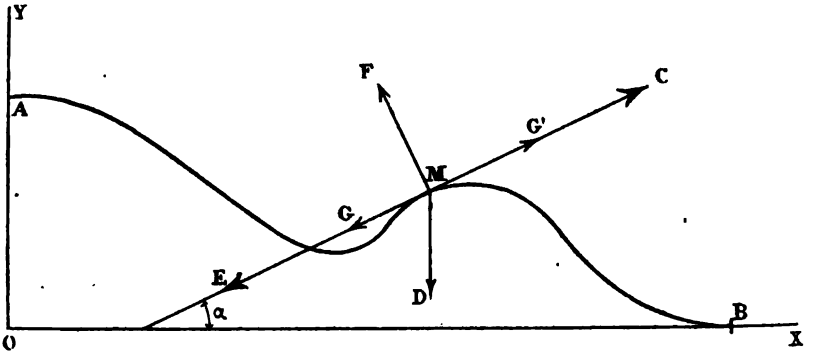
Si, sur un faîte, la rampe et la pente qui la suit ne sont pas reliées par une courbe assez douce, la tension jointe à la pesanteur, fera frotter rudement la chaîne sur les traverses de la voie et il en résultera des résistances à la marche du chemin de fer, qui en fatigueront tous les organes, exigeront un surcroît de force motrice ou paralyseront même le système s'il doit être automoteur.

Pour éviter ces inconvénients, on doit prévoir les formes qu'affecteront en chaque point les deux brins de la chaîne et donner à la voie une courbure en rapport avec ces formes. Pour cela, il faut d'abord savoir calculer en tout point d'un profil connu la tension de chaque brin de la chaîne en fonction de son poids, du poids des berlines et de leur espacement.

Le calcul de la tension d'un des brins de la chaîne en un point donné se présente très simplement.

Soit AB le profil en long d'un alignement de chemin de fer à chaîne flottante; les berlines pleines vont de A en B et les vides de B en A.

Nous désignerons les inclinaisons sous le nom de rampes et de pentes suivant que les wagons chargés les parcourent en montant ou en descendant.



Soit M une berline, M C la tangente en M et α l'angle de cette tangente avec l'axe horizontal des abcisses. α est toujours, en grandeur absolue, inférieur à un angle droit; il est positif sur les rampes et négatif sur les pentes.

Soit f l'angle de frottement; tg f est le coefficient de frottement, c'est-à-dire le rapport de la réaction tangentielle des rails à leur réaction normale.

Appelons d l'espacement constant des berlines, mesuré d'axe en axe, π le poids de la chaîne par mètre, p le poids d'une berline vide et P le poids du chargement.

La charge par mètre linéaire de voie est,

pour la voie des berlines pleines :

$$\frac{P+p}{d}+\pi=a$$

et pour la voie des berlines vides :

$$\frac{p}{d}+\pi=a'.$$

Les forces qui sollicitent la berline M sont énumérées dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES FORCES	VALEUR DES FORCES	
	Berlines chargées	Berlines vides
1. Le poids M D.....	$a\,d$	$a'\,d$
2. La tension M E du brin M A.....	t	t
3. La tension M C du brin M B.....	$t + \Delta\,t$	$t + \Delta\,t$
4. La réaction normale M F des rails ..	$a\,d\,\cos\alpha$	$a'\,d\,\cos\alpha$
5. La réaction tangentielle M G ou M G' des rails.....	$a\,d\,\cos\alpha\,tg\,f$	$a'\,d\,\cos\alpha\,tg\,f$

Projetant ces cinq forces sur la tangente, on a les équations d'équilibre suivantes, savoir :

pour les berlines chargées,

$$\Delta\,t = a\,d\sin\alpha + a\,d\cos\alpha\,\mathrm{tg}\,f = a\,d\cos\alpha\,(\mathrm{tg}\,\alpha + \mathrm{tg}\,f)$$

et pour les berlines vides,

$$\Delta\,t = a'\,d\sin\alpha - a'\,d\cos\alpha\,\mathrm{tg}\,f = a'\,d\cos\alpha\,(\mathrm{tg}\,\alpha - \mathrm{tg}\,f).$$

Considérons successivement la file des wagons pleins et la file des wagons vides.

Pour les wagons pleins :

Sur une rampe, $\alpha > o$, d'où $\cos\alpha > o$, $\mathrm{tg}\,d > o$. Par suite $\Delta\,t$ est toujours positif; la tension augmente toujours en passant d'une berline à la suivante dans la direction A B;

Sur une pente, $\alpha < o$; d'où $\cos\alpha > o$, $\mathrm{tg}\,\alpha < o$. Donc $\Delta\,t$ sera positif, nul ou négatif, suivant que α sera inférieur, égal ou supérieur à f; la tension augmente, reste égale ou diminue d'un wagon au suivant dans le sens A B, suivant que l'inclinaison de la pente est inférieure à l'angle de frottement, égale à cet angle ou plus grande que lui.

Pour les wagons vides, toujours en allant de A vers B :

Sur une rampe, $\Delta\,t$ est positif, nul ou négatif selon que α est plus grand que f, égal à f ou plus petit que f. La tension augmente quand l'inclinaison de la rampe dépasse l'angle de frottement ;

Sur une pente, $\Delta\,t$ est toujours négatif; la tension va toujours en diminuant d'une berline à la suivante.

En valeur absolue, la différence de tensions $\Delta\,t$ est égale au produit

de la charge par mètre par l'espacement, par le cosinus de l'inclinaison et par la somme algébrique pour les wagons pleins ou par la différence algébrique pour les wagons vides des tangentes de l'inclinaison et de l'angle de frottement.

Dans les calculs qui vont suivre, on n'a pas tenu un compte isolé de la raideur de la chaîne dans ses inflexions horizontales et dans ses nombreuses variations de courbure verticale, non plus que des frottements des arbres verticaux des poulies sur leurs supports. Par approximation et pour simplifier, on s'est borné à augmenter un peu la valeur numérique de f pour tenir compte de ces résistances accessoires.

Considérons l'alignement A B dont nous avons donné le profil comme fonctionnant isolément; nous le supposerons automoteur, seulement pour fixer les idées. Le point de départ A est plus élevé que le point d'arrivée B; il y a en A un frein et en B une poulie folle servant simplement à infléchir la chaîne.

Soient $x = o$, $y = \mathrm{H}$ les coordonnées de A, et $x = \mathrm{L}$, $y = o$ celles de B; soient x et y les coordonnées du point variable M :

En appelant T la tension de la chaîne des berlines pleines au départ de la poulie A, on aura pour la tension de cette chaîne au point M.

$$t = \mathrm{T} + \sum_{\mathrm{A}}^{\mathrm{M}} [\, a\, d \cos\alpha\, (\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg} f)\,]$$

$$= \mathrm{T} + a \sum_{\mathrm{A}}^{\mathrm{M}} d \sin\alpha + a \operatorname{tg} f \sum_{\mathrm{A}}^{\mathrm{M}} d \cos\alpha$$

$$(1) \qquad \text{ou} \quad t = \mathrm{T} - a\,(\mathrm{H} - y) + a\,x \operatorname{tg} f.$$

Désignant de même par T″ la tension de la chaîne des wagons vides en A, on aura pour la tension de cette chaîne en M :

$$(2) \qquad t'' = \mathrm{T}'' - a'\,(\mathrm{H} - y) - a'\,x \operatorname{tg} f.$$

Appliquons ces deux équations générales (1) et (2) au point B; il suffit pour cela d'y faire $y = o$, $x = \mathrm{L}$; on trouve ainsi pour le brin des wagons pleins :

$$(3) \qquad \mathrm{T}' = \mathrm{T} - a\,\mathrm{H} + a\,\mathrm{L} \operatorname{tg} f$$

et pour le brin des wagons vides :

$$(4) \qquad \mathrm{T}' = \mathrm{T}'' - a'\,\mathrm{H} - a'\,\mathrm{L} \operatorname{tg} f.$$

Si l'on égale ces deux valeurs qui ne pourraient différer que des résistances de la poulie folle que nous négligeons, on a :

$$T - T'' = (a - a') H - (a + a') L \operatorname{tg} f.$$

Le chemin de fer est automoteur quand $T - T''$ est positif, soit lorsqu'on a :

$$(a - a') H > (a + a') L \operatorname{tg} f$$

ou :

$$\frac{a - a'}{a + a'} > \frac{\operatorname{tg} f}{\frac{H}{L}}.$$

C'est-à-dire quand le rapport du poids du minerai au poids total dépasse le rapport du coefficient de résistance à l'inclinaison moyenne de l'alignement.

La force à user par le frein ou le régulateur, ou inversement la force à fournir par un moteur, a pour mesure

$$(a - a') H - (a + a') L \operatorname{tg}. f,$$

c'est-à-dire la différence positive ou négative entre le produit du poids de minerai par mètre par la dénivellation de A en B et le produit de la charge totale par mètre par la distance horizontale de A en B et par le coefficient de résistance. On voit que cette force ne dépend en aucune façon des ondulations du profil longitudinal.

Les équations (1) et (2) permettront de déterminer aisément sur un profil donné le point de l'une ou l'autre voie où la tension est la plus faible.

Cette tension minima s'établit en réglant la longueur qu'on donne à la chaîne sans fin quand on la ferme. On la choisit généralement, et autant que possible, de façon que la chaîne ne frotte pas sur les traverses.

Cette tension minima étant une fois fixée pour un point connu de la voie des pleins ou de la voie des vides, il est facile de calculer par l'équation (1) ou par l'équation (2) la tension T′ sur le même brin à la poulie folle.

De la valeur de T′, commune aux deux brins de la chaîne, on déduit ensuite T et T″ par les formules (3) et (4).

On détermine aussi facilement le point où la tension est la plus

forte. C'est naturellement pour cette tension maxima que le calibre de la chaîne doit être choisi en raison de la traction qu'on veut faire supporter au métal par millimètre carré de section. Et comme on ne connaît la valeur de π, et par suite celles de a et a' qu'après avoir fait choix d'une chaîne déterminée, il convient de considérer comme provisoires seulement les calculs qu'on peut faire en prenant pour π une valeur hypothétique et de les recommencer s'il y a lieu, sur une valeur plus approchée de π.

Lorsque deux lignes successives tracées en prolongement l'une de l'autre ou faisant entre elles un angle quelconque, sont reliées de façon que l'une commande l'autre, on fera les calculs des tensions pour la ligne d'aval comme il vient d'être dit, et lorsqu'on connaîtra les tensions des deux brins à la station de jonction, et par suite la différence des deux tensions au même endroit, on choisira les tensions des deux brins de la chaîne d'amont de façon qu'elles présentent entre elles une différence justement égale. Cette condition est nécessaire et suffisante pour l'équilibre de la double poulie de transmission (dont on néglige les frottements). Une fois ces deux tensions fixées, le même type de calcul fera connaître toutes les tensions utiles sur les deux voies de l'alignement d'amont.

Il est aisé de prévoir, et on prouve aisément, que dans le cas de deux ou plusieurs alignements solidaires entre eux, la force motrice ou résistante du système est exactement la même que si toute la longueur était pourvue d'une seule et même chaîne.

Mais la tension maxima se trouve par contre souvent réduite dans une proportion importante par cette division du tracé en tronçons solidaires alignés ou non et on peut diminuer beaucoup par ce moyen le calibre des chaînes nécessaires pour une fatigue donnée du fer.

Tels sont les moyens simples pour fixer les éléments d'une chaîne flottante en vue des résultats qu'on s'est proposé et aussi pour calculer la tension en tout point d'une chaîne flottante déterminée.

Il nous reste à montrer comment on peut tracer les courbes de raccordement du profil en long d'après la connaissance des tensions.

Suivant qu'on considère une chaîne pesante comme un fil homogène, inextensible et parfaitement flexible, ou bien comme un système de tiges rigides articulées, homogène, inextensible et parfaitement flexible aux articulations, on arrive pour la figure d'équilibre à une chaînette ou à une parabole.

Le poids par mètre étant π et la tension t, la chaînette a pour équation :

$$y = \frac{t}{2\pi}\left(e^{\frac{\pi x}{t}} + e^{-\frac{\pi x}{t}} - 2\right)$$

et la parabole :

$$y = \frac{\pi}{2t}x^2.$$

Ces deux courbes diffèrent fort peu l'une de l'autre et nous nous sommes assuré sur plusieurs cas particuliers qu'on pouvait, sans aucun inconvénient pratique, prendre indifféremment l'une ou l'autre courbe.

On choisira donc de préférence la parabole pour laquelle les calculs sont beaucoup plus simples.

Dans un raccordement concave, pour que la chaîne ne puisse pas abandonner les fourches des berlines, il faut donner à la voie un profil moins creux que la parabole que doit suivre la chaîne d'après sa tension. Si on choisissait pour la voie la courbe même de la chaîne on n'aurait aucune sécurité, car il peut se produire dans la chaîne des surtensions accidentelles ou passagères qui en diminueront la courbure et la soulèveront.

Pour se donner quelque marge, on peut ajouter aux tensions prévues aux divers points de la voie un supplément constant et calculer avec cette tension ainsi augmentée la parabole que devra suivre le profil.

En cherchant quelle est la parabole qui, pour un arc égal à l'espacement normal des berlines, présente une flèche égale à la hauteur disponible au-dessus des traverses de la voie, on détermine la tension minima qu'il faut donner à la chaîne pour qu'en aucun point elle ne puisse traîner sur les traverses.

Enfin, en calculant sur chaque raccordement convexe la parabole que la chaîne suivra d'après sa tension, on voit combien la courbe du profil peut recevoir de flèche sur un arc égal à l'écartement normal des wagons sans que la chaîne touche la voie. On déduit de ce calcul le rayon de courbure le plus petit que puisse présenter cette courbe et par ce moyen on détermine la courbe elle-même.

Cette influence directe des tensions sur les profils peut entraîner quelquefois la nécessité de travaux fort coûteux, tels que remblais ou viaducs importants pour franchir les vallées, tranchées profondes ou

longues galeries pour traverser les faîtes. Il a été expliqué que la division du tracé en parties successives munies chacune d'une chaîne permet, dans une assez large mesure, de disposer à l'avance des tensions de la chaîne. On conçoit donc combien il est important de bien faire cette division pour réduire le plus possible les travaux d'infrastructure d'un chemin de fer à chaîne flottante.

CHAPITRE III

Description générale du tracé et du profil en long du chemin de fer de Dicido.

La mine de fer de Dicido est située sur la montagne de Setares, dans la juridiction de Castro-Urdiales, province de Santander. Les minières sont ouvertes sur le versant est d'une vallée au-dessus du village de Mioño. Elles sont situées à gauche de la route royale qui va de Bilbao à Santander et à 32 kilomètres de Bilbao.

La route longe en cet endroit le littoral de l'est à l'ouest, traverse la vallée et, après avoir franchi une haute colline qui s'avance en promontoire dans la mer, arrive à l'ancienne ville de Castro-Urdiales qui possède un port assez sûr. La distance des gisements au port de Castro est d'environ 5 à 6 kilomètres et l'on peut y embarquer des minerais.

Mais au débouché même de la vallée, au-dessous de Mioño, à l'abri du promontoire, la baie de Dicido peut recevoir des navires presque tous les jours de l'année ; l'accès du rivage y est bien plus libre et la mine en est bien moins éloignée.

Aussi est-ce à Dicido que s'embarquent d'ordinaire les produits de la mine et on entretient seulement un petit dépôt de minerai sur le quai du port de Castro, afin de pouvoir au besoin terminer promptement le chargement d'un navire que le gros temps obligerait à quitter la baie de Dicido.

On se proposa donc de relier les gisements à la baie de Dicido par un chemin de fer à chaîne flottante.

Les exploitations à ciel ouvert sont placées dans la montagne et s'étagent en ligne droite du nord au sud sur près d'un kilomètre de longueur, presque perpendiculairement à la route.

Le chemin de fer devait d'abord longer le gisement et présenter plusieurs stations pouvant recevoir le minerai des divers groupes de

carrières. Pour cela, un premier alignement AB de 880 mètres de long descend de la cote 349m,03 à la cote 260m,02, puis, en B, le tracé s'infléchit légèrement à droite, vers la montagne, pour suivre le minerai; cette ligne a 352 mètres de longueur et s'abaisse à la cote 206m,38. Il y a quatre stations sur la partie ABC (fig. 1 et 2, pl. 66).

Il fallait ensuite descendre vers la route royale, et comme la montagne s'abaisse vers la route en pentes très abruptes, on dut s'écarter par un fort crochet de la direction générale pour ne pas dépasser notablement l'inclinaison de 30 pour 100.

C'est vers la droite que se développe le tracé suivant deux alignements : l'un CD de 598 mètres avec une chute de 85m,62, et l'autre DE, presque en rebroussement par rapport au premier, de 374 mètres de longueur, aboutissant au bord de la route.

En ce point, on reprend la direction primitive à peu près sud-nord, pour traverser la route qui est bordée à cet endroit, du côté de la montagne, par une falaise de rochers d'une dizaine de mètres de hauteur. Il était à craindre qu'un passage par-dessus fût refusé par l'administration à cause des dangers dont il aurait menacé la circulation. On décida, en conséquence, de traverser la route par une galerie ayant son radier à 3 mètres au-dessous de la chaussée.

Mais cette solution rendait fort difficile la construction de l'alignement DE. En effet, pour amener la voie en E à être horizontale et à 13 mètres au-dessous de l'arête de la falaise, comme la pente ne peut être diminuée que graduellement, il aurait fallu creuser un tunnel de plus de 150 mètres de long dans d'assez mauvais terrains.

On eut recours à un artifice : la ligne DE, après avoir suivi d'assez près le sol naturel, fut interrompue un peu avant l'arête de la falaise, 20 mètres avant le point E, à l'altitude de 65m,06; un puits vertical de 13m,50 de profondeur fut adossé à la falaise, et les 20 mètres restants furent établis en palier, du pied du puits à la station E à l'altitude de 51m,56. Les deux brins de la chaîne franchissent cette chute à l'aide de galets verticaux convenablement disposés, et les berlines chargées et vides circulent sur les deux cages d'une balance sèche, qui rachète la dénivellation de 13m,50.

De E en F, il y a en plan 390 mètres. La galerie maçonnée qui traverse en biais la route a 29 mètres de longueur; la voie suit à peu près le terrain et parvient ainsi en F, très près du rivage, à la cote de 5m,73.

Le chemin de fer traverse ensuite, sur un pont de 82 mètres de long, l'estuaire de la petite rivière qui baigne Mioño, puis, suit le rivage de près à cause des rochers assez élevés qui le bordent et qu'il fallait éviter d'entamer. De là, les deux alignements FG et GH, qui ont 176 mètres et 184 mètres de longueur et sont presque de niveau. Toutefois, le point extrême H a été relevé à l'altitude de $7^m,90$ pour faciliter la mise en stock du minerai et les manœuvres d'embarquement.

En résumé, les conditions imposées et les difficultés du terrain très accidenté ont conduit à composer le chemin de fer de sept alignements présentant ensemble un développement de 2,954 mètres, et une différence totale de niveau de $341^m,13$.

CHAPITRE IV

Détermination des conditions d'établissement du matériel mobile.

Si on avait voulu garnir tout le parcours de la ligne d'une seule et même chaîne, elle aurait été d'un calibre énorme qui en eût rendu le prix excessif et le maniement impossible. On s'est limité à une chaîne en fer de 25 millimètres de diamètre, pesant 12 kil. 650 par mètre.

Et pour assurer à la chaîne une sécurité parfaite de service en même temps qu'une faible usure et une longue durée, on s'est proposé de ne pas dépasser, autant qu'il serait possible, l'effort de traction de 3 kilogrammes par millimètre carré de la double section. Cela conduirait à une tension maxima de $\frac{\pi\,25^2}{2} \times 3 = 2.945$ kilogrammes. On a cherché à ne pas dépasser notablement cet effort.

Or, l'équation (1) de la page 522 montre que sur un chemin de fer déterminé, la tension, en tout point, croît proportionnellement à la charge par mètre

$$a = \frac{p + \mathrm{P}}{d} + \pi.$$

Pour réduire autant que possible les tensions, on doit donc, une fois la chaîne choisie, s'attacher à réduire le poids des berlines et le poids de leur chargement, et à augmenter l'écartement des wagons.

Toutefois, on ne peut aller trop loin dans cette voie, en particulier

pour un chemin sans moteur, puisque le rapport du poids utile au poids total en mouvement doit dépasser, même dans les premiers temps de la marche où le matériel est fort dur, le rapport du coefficient de résistance à l'inclinaison moyenne.

D'ailleurs des wagonnets trop petits deviendraient peu pratiques et suffiraient difficilement à produire un tonnage important, et un écartement trop grand ferait traîner la chaîne sur la voie ou obligerait à d'énormes surtensions pour éviter ce grave inconvénient.

C'est en pondérant ces diverses considérations qu'on s'est arrêté à un type de berlines contenant 400 kilogrammes de minerai, pesant vides, 180 kilogrammes, et qu'on a fixé l'écartement normal à 20 mètres d'axe en axe des berlines.

Les éléments du matériel mobile, ainsi déterminés, donnent :

$$a = \frac{p + P}{d} + \pi = \frac{180 + 400}{20} + 12{,}650 = 41{,}650,$$

$$a' = \frac{p}{d} + \pi = \frac{180}{20} + 12{,}650 = 21{,}650,$$

$$\frac{a - a'}{a + a'} = \frac{20}{63{,}3} = 0{,}316.$$

Le coefficient de résistance, tg f, dépend principalement du choix des roues des berlines et du mode de graissage des fusées des essieux.

Comme nous venons de le rappeler, on doit avoir, pour que le système soit automoteur :

$$\frac{\text{tg } f}{\frac{H}{L}} < \frac{a - a'}{a + a'},$$

soit, d'après ce qui précède :

$$\frac{\text{tg } f}{\frac{H}{L}} < 0{,}316.$$

Or, sur le chemin de fer de Dicido, les sections les moins inclinées devaient présenter une pente moyenne $\frac{H}{L}$ d'environ 0,10. La valeur de tg f ne devait donc pas être plus grande que 0,0316, même dans les débuts du fonctionnement.

Pour ne pas dépasser cette limite, on a fixé à $0^m,271$ le diamètre de roulement des roues, et l'on a assuré un graissage satisfaisant.

Dans ces conditions, on a estimé à 0,025 la valeur normale du coefficient de résistance, tg f.

Les berlines vides présentent généralement un coefficient de résistance au roulement un peu plus élevé que les berlines pleines, et il serait peut-être plus rigoureux d'appliquer dans les calculs deux valeurs distinctes pour le coefficient. Mais la différence dans le cas spécial qui nous occupe devrait être faible, en raison du poids important qui repose sur les fusées de la berline vide ; on s'est donc contenté, pour plus de simplicité, d'employer le coefficient moyen de 0,025 pour l'une et l'autre file de wagonnets.

Les éléments du matériel que nous venons de déterminer fournissent, pour les calculs, les constantes suivantes, savoir :

$$\pi = 12^k,650,$$
$$a = 41^k,650,$$
$$a' = 21^k,650,$$
$$d = 20 \text{ mètres},$$
$$\text{tg } f = 0,025.$$

Nous avons dit qu'aux points où la tension de la chaîne pourrait théoriquement s'annuler, il fallait cependant entretenir une certaine tension pour que la chaîne ne traînât pas sur la voie.

Avec $d = 20$ et $\pi = 12,650$, la hauteur disponible au-dessus des traverses étant de $0^m,913$, l'équation de la parabole :

$$y = \frac{\pi}{2T} x^2$$

donne :
$$0,913 = \frac{12,650}{2T} \frac{x^2}{10},$$

d'où
$$T = 693 \text{ kilogrammes.}$$

Mais, comme cette surtension se reporte sur toute la longueur de la chaîne et s'ajoute, en particulier, à la tension au point le plus tendu, on n'a pas pu l'établir à sa pleine valeur de 693 kilogrammes pour ne pas trop fatiguer les chaînes ou trop diminuer la longueur des sections du chemin de fer. On a fixé la surtension à 500 kilogrammes en général, et il a même fallu en quelques points admettre sur ce chiffre de légères réductions.

D'ailleurs cette surtension varie nécessairement avec l'usure progressive de la chaîne et avec les changements de longueur provenant des oscillations de la température. De plus, il est facile, aux points de faibles tensions où la chaîne peut traîner un peu sur la voie, de garnir les traverses de fourrures protectrices, ou d'établir des planches favorisant le glissement.

CHAPITRE V

Division de la ligne en sections.

Ayant ainsi déterminé les principales conditions du matériel mobile, on a pu calculer la tension maxima de chaque chaîne dans les diverses combinaisons de sectionnement auxquelles se prêtait le tracé. En s'efforçant de ne pas dépasser la tension de 2,945 kilogrammes, en tenant compte des nécessités de l'exploitation des carrières, de la configuration du terrain, des commodités d'établissement des stations, on a été amené à diviser la ligne en quatre sections, formant chacune un chemin de fer indépendant, pouvant fonctionner seul.

La première section va en ligne droite de A en A′; elle a 230 mètres de long et 32 mètres de chute.

Un plan incliné, à câble, amène à la station de départ les minerais exploités à un niveau supérieur à celui de cette station; un second plan incliné amène à A′ le minerai d'une carrière située entre A et A′. Les minerais ainsi envoyés aux deux stations font route ensemble pour Dicido.

La section II est formée des deux parties droites A′B et BC, faisant en B un angle de 165° 10′ et munies chacune d'une chaîne sans fin. Elle a 1,002 mètres de longueur et 110^{m},65 de chute. La station-frein est en B, de façon que BC peut fonctionner seul, le minerai arrivant en B; dans ce cas, la chute est de 53^{m},64 pour une longueur de 352 mètres. Si l'on arrête le mouvement sur cette deuxième section, les wagonnets chargés sont livrés en C, et la ligne ne fonctionne plus que sur les deux sections inférieures.

La troisième section comprend l'alignement CD, de 598 mètres de long et de 85^{m},62 de dénivellation. C'est là que la tension est la plus

forte. Elle s'élève normalement en C sur la voie des wagons pleins à 3,443 kilogrammes, et la chaîne de 25 millimètres supporte une traction de 3 kil. 506 par millimètre carré de fer.

On a dû conserver à la section IV une chute totale de 112m,86, soit 99m,36 en déduisant la hauteur du puits vertical, pour la rendre automotrice.

Le mouvement de la balance du puits est indépendant du mouvement de la chaîne. Il n'aurait pas été impossible de solidariser ces mouvements, de façon que la force motrice résultant de la descente du minerai fût transmise à la chaîne et utilisée, mais cette récupération de travail mécanique n'était pas nécessaire, et elle aurait entraîné une complication devant laquelle on a dû reculer.

La section IV se compose de l'alignement DE, comprenant le puits vertical, de l'alignement EF, qui traverse la route, et des deux alignements presque plats, FG et GH. Sa longueur totale est de 1,124 mètres. Elle comporte quatre chaînes, dont les deux dernières sont en fer de 18 millimètres de diamètre.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de ce sectionnement. On y a indiqué le calibre des chaînes et la tension maxima qu'elles doivent supporter :

DÉSIGNATION des SECTIONS	ALIGNEMENTS	LONGUEUR des Alignements	CHUTE	LONGUEURS des Sections	CHUTE	PENTE MOYENNE par mètre	TENSIONS les plus fortes en tête des alignements	CALIBRE des Chaînes
		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.		Kilogr.	Millim.
Section I...	A A'	230.00	32.00	230.00	32.00	0.137	1593	25
Section II..	A' B	650.00	57.01	1002.00	110.65	0.120	2198	—
	B C	352.00	53.64				2367	—
Section III..	C D	598.00	85.62	598.00	85.62	0.143	3443	—
Section IV..	D E_D	354.00	55.70	1124.00	112.86	0.088 [1]	2458	—
	E_D E_F (puits)	20.00	13.50				—	—
	E_F F	390.00	45.83				2058	—
	F G	176.00	—4.05				555	18
	G H	184.00	1.88				301	—
		2954.00	341.13	2954.00	341.13	0.111 [1]		

1. Ces pentes sont calculées en ne comprenant pas dans la chute la hauteur du puits.

INFORMATIONS TECHNIQUES [1]

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation, etc.

1. — **Les nouvelles installations de chemins de fer à Hambourg et Altona.** — Les deux villes de Hambourg et d'Altona, comme Berlin et Charlottenbourg, sont construites à côté l'une de l'autre et bien qu'appartenant à deux États différents, doivent être considérées, au point de vue du trafic, comme une seule et même ville. Aussi, toutes les installations effectuées successivement depuis 1842 sur les deux territoires de Hambourg et d'Altona étaient destinées à ces deux villes.

Primitivement trois lignes aboutissaient à Hambourg, celles de Berlin, de Lübeck et de Brême, et une seule à Altona, celle de Kiel. Toutes ces lignes avaient construit, à différentes époques, leurs gares terminus indépendantes les unes des autres.

En 1866 fut construite entre les deux villes une ligne de jonction partant à Hambourg d'une gare nouvelle édifiée à Klosterthor, près de la gare de Berlin, et finissant à celle de Kiel déjà existante. Cette ligne, constituant un véritable métropolitain, avait trois stations intermédiaires dont deux dans Hambourg (celles de Dammthor et de Sternschanze) et une dans Altona (celle de Schulterblatt). Chaque État paya les frais de la partie de la ligne située sur son territoire. Plus tard le chemin de fer de Berlin raccorda sa gare avec celle de Klosterthor, de sorte que cette ligne de jonction, en plus de son service de métropolitain, était utilisée pour le transport des marchandises de la gare de Berlin à celle d'Altona-Kiel.

En 1867 la Compagnie du chemin de fer d'Altona à Kiel établit une nouvelle ligne de banlieue allant d'Altona à Blankenese et se terminant à l'unique gare d'Altona.

En 1872, la ligne de Brême construisit à Hambourg la gare de Venlo qu'elle raccorda avec celle de Berlin et avec celle de Klosterthor, de sorte que ses trains purent également circuler sur la ligne de jonction.

Quand l'État prussien se fut rendu propriétaire de ces différentes lignes, tous les trains de voyageurs des lignes du Nord, les trains à marche rapide venant de Berlin et de Brême et les trains de marchandises et de banlieue utilisèrent cette ligne de jonction, de sorte que le nombre des trains de chaque sens passant sur cette ligne s'éleva par jour jusqu'à 100. De plus, au moment de la construction des différentes lignes, la circulation dans les rues de Hambourg et d'Altona avait permis d'éviter les travaux d'art en pratiquant des passages à niveau.

Depuis, l'importance de ces villes ayant constamment augmenté, ces

(1) Cette partie est faite avec la collaboration de M. G. Baignères, Membre du Comité et de MM. G. Courtois et L. Périssé, Secrétaires.

passages à niveau occasionnaient une gêne de plus en plus considérable et ne pouvaient plus être conservés. Une transformation profonde s'imposait donc dans tout cet important réseau.

Aussi des pourparlers furent entamés en 1887 avec l'État de Hambourg, à la suite desquels furent décidés la création d'une gare de triage dans l'île de Wilhelmsburg (ligne de Brême), la reconstruction de celle de Rothenburgsort (ligne de Berlin), ainsi que l'agrandissement de la gare de marchandises de Venlo (ligne de Brême).

Ces travaux, commencés en 1889 et terminés en 1899, absorbèrent des crédits s'élevant en tout à 20 375 000 *f* votés en 1889-90, sans compter les contributions des villes d'Altona et de Hambourg se montant à 645 000 et 700 000 *f*.

Mais ces améliorations ne constituaient qu'une partie du programme que l'on s'était tracé et d'autres travaux beaucoup plus considérables vont être entrepris à la suite d'un accord intervenu le 30 décembre 1898 entre le Sénat de la ville de Hambourg, la direction royale du chemin de fer d'Altona et la direction du chemin de fer de Lübeck. *(A suivre.)*

2. — **Tunnel du Simplon.** — Voici le bulletin des travaux du tunnel du Simplon pour le mois de septembre 1899 :

Galerie d'avancement	*Côté nord* Brigue	*Côté sud* Iselle	Total
Fin août 1899.	1,663 *m*	980 *m*	2,643 *m*
Progrès mensuel	174	153	327
Total fin septembre . . .	1,837	1,133	2,970

Les travaux hors tunnel ont occupé par jour en moyenne 945 ouvriers, dans le tunnel 1 598, ce qui donne un total moyen de 2 543 ouvriers par jour.

Du côté nord, la galerie d'avancement a traversé le schiste calcaire. L'avancement moyen de la perforation mécanique a été de 5,80 *m* par jour. Du côté sud, la galerie d'avancement a traversé le gneiss d'Antigorio schisteux. L'avancement moyen de la perforation mécanique a été de 5,10 *m* par jour. Une turbine des installations a été mise en marche, le 26 août 1899.

D'autre part, on mande de Domo-Dossola :

Les travaux continuent sans interruption, jour et nuit, avec la plus grande activité. La grande conduite d'eau pour servir de force motrice pour les perforatrices et pour les services hygiéniques intérieurs des galeries est terminée et fonctionne régulièrement.

Deux locomotives à vapeur, mises en action depuis peu de jours, font le service pour le transport des matériaux.

Les divers établissements bâtis pour le nombreux personnel, ainsi que l'hôpital et l'hôtel des Ingénieurs, seront achevés très prochainement.

La lumière électrique va remplacer les lampes à huile en usage dans les galeries.

La fabrication des moellons pour la bâtisse des galeries est en pleine activité. Ces moellons fabriqués avec du ciment et du sable ou mieux

encore avec les détritus de l'excavation, broyés par des machines perfectionnées, sont plus durs que la pierre.

La maison Brandt, Brandau et C^ie^, qui a entrepris les travaux, s'est préoccupée du bien-être des ouvriers en les logeant dans des bâtiments salubres et confortables. La dépense journalière d'un ouvrier logé et nourri s'élève seulement à 1,10 *f* grâce aux mesures bienveillantes prises par la direction *(Journal de Genève*, du 7 octobre 1899*)*.

3. — **Pavés mixtes en pierre et béton.** — M. Otto Pötzch a fait breveter un nouveau système de confection de pavés. Il utilise comme tête du pavé des pierres naturelles auxquelles on donne une forme à peu près rectangulaire et réalise les faces latérale et inférieure du pavé au moyen de béton. Les pierres naturelles employées sont triées suivant leur longueur, de centimètre en centimètre; celles de même échantillon sont placées, la tête vers le bas, dans des formes semblables en planches ou en tôle ayant les dimensions du pavé à confectionner; ces formes sont alors bourrées d'un béton composé de ciment Portland à prise lente et de gravier pur de 5 à 10 *mm* de grain.

Les frais de confection s'élèvent à 2,50 *f* environ par mètre carré; comme on peut utiliser des pierres de peu de valeur, ces pavés coûtent la moitié ou le tiers moins cher que les pavés de premier choix en pierre naturelle *(Annales des Travaux publics de Belgique*, août 1899, d'après le *Baumaterialkunde)*.

4. — **Gâchage du ciment à l'eau de mer.** — L'emploi d'eau de mer, pour le gâchage du ciment, donne une diminution de la résistance, d'après les résultats d'expériences faites par M. A.-S. Cooper. Ces essais ont été faits avec des mortiers provenant, tant de ciment naturel que de ciment de Portland et ont porté sur la résistance à la traction et sur la résistance à la compression. Les briquettes étaient du modèle recommandé par la Société Américaine des Ingénieurs civils, le mortier était mélangé et le moulage effectué mécaniquement. Toutes les conditions de fabrication étaient identiques. Les briquettes gâchées à l'eau douce étaient conservées dans l'eau douce et les briquettes gâchées à l'eau de mer, dans l'eau de mer. Les âges des briquettes soumises aux essais étaient une semaine, quatre semaines, trois mois, six mois et un an. Dans les essais de briquettes d'âge récent, les briquettes gâchées à l'eau de mer tenaient la corde, mais, pour celles plus anciennes, le gâchage à l'eau douce a presque toujours donné une supériorité de résistance très manifeste, tant au point de vue de la compression qu'à celui de la traction.

L'effet de détérioration de l'eau de mer sur les mortiers se montre surtout avec les mortiers à proportion élevée de ciment. L'auteur considère que les résultats obtenus justifient entièrement la conclusion que l'emploi de l'eau de mer dans la fabrication du mortier est une pratique à éviter *(Journal of the Franklin Institute*, octobre 1899, page 291).

5. - **Bâtiment construit sur un tunnel.** — Voici un exemple intéressant d'un procédé de construction très original appliqué en Angleterre. Depuis longtemps, un terrain situé dans Carr's Lane, à Bir-

mingham, restait inoccupé; sous ce terrain, très bien placé, d'ailleurs, et d'une grande valeur, passait le tunnel du Great Western Ry, qui le traversait obliquement sur une partie de la surface et dont l'extrados ne se trouvait qu'à 1 *m* environ en contre-bas du sol de la rue. L'impossibilité d'établir une fondation sur le tunnel avait empêché jusque-là l'utilisation du terrain.

La solution trouvée par M. Ralph Heaton, architecte, permit enfin d'élever sur toute la surface une construction importante à trois étages.

Le procédé employé consiste à porter en encorbellement toute la partie située au-dessus du tunnel. D'énormes poutres en tôle et cornières reposent sur de puissantes piles fondées dans la partie en dehors du tunnel et se prolongeant du côté de celui-ci par une sorte d'avant-bec ayant toute la saillie du terrain sur le tunnel. La partie de la construction au-dessus de celui-ci se trouve donc en porte-à-faux et son poids est équilibré par celui de la partie du bâtiment reposant directement sur les piles.

Les poutres ont 3 *m* de hauteur environ dans la partie droite, la saillie de l'avant-bec est variable pour chaque poutre par suite de l'obliquité du tunnel.

Les piles, assises sur une fondation de béton composé de scories, de briques concassées et de ciment de Portland, sont en briques et couronnées par une assise en granit sur laquelle reposent les poutres.

Les charges sont pour les différentes poutres :

Poutre 1.	272 *t*
— 2.	375
— 3.	360
— 4.	160
— 5.	120
— 6.	96

Les poutres ont été calculées pour résister à des charges doubles de celles-ci. En particulier, les poutres 1 et 2, qui ont le porte-à-faux le plus considérable, ont été calculées pour supporter respectivement 850 et 875 *t*.

Comme on le voit, une construction de cette hardiesse est très coûteuse et ne peut être employée que pour résoudre un problème très spécial comme celui dont il s'agit ici. Néanmoins, nous avons cru intéressant de la signaler ici, car elle a été très remarquée en Angleterre et constitue une solution très heureuse de la question qui avait été posée à l'architecte (*Engineering Record*, V. 140, n° 10. Article illustré).

G. C.

8. — **Pont suspendu entre Lewiston (États-Unis) et Queenston (Canada).** — Le nouveau pont suspendu jeté sur le Niagara, en aval des chutes et près du lac Ontario est aussi remarquable par ses dimensions que par sa construction originale. Il complète l'ensemble des communications établies dans cette région entre les Etats-Unis et le Canada.

Il est établi à environ 13 *km* des chutes, à l'endroit où la rivière commence à être navigable.

La distance entre les deux tours en maçonnerie situées sur chaque rive et sur lesquelles les câbles viennent s'appuyer pour être ensuite ancrés dans le béton est de 345 *m* environ. Pour diminuer cette portée, deux piles métalliques, une de chaque côté, viennent soulager la tension des câbles. Ces piles ne sont plus espacées que de 265 *m* environ.

Cette distance est franchie par une travée unique dont les deux poutres de rives ont 4,60 *m* de hauteur et sont espacées de 9,20 *m* d'axe en axe.

Ces poutres, légèrement paraboliques, ont une flèche de 0,65 *m*.

Les piles métalliques sont formées d'un immense cadre dont les montants servent à soulager les câbles et sont reliés par trois traverses. Les deux traverses supérieures sont formées de poutres à treillis, la traverse inférieure est une poutre pleine sur laquelle s'appuient les extrémités des poutres de rives.

Ces piles sont fondées sur la berge inférieure de la rivière, et les tours de maçonnerie sont placées à 40 *m* au delà des piles et à un niveau beaucoup plus élevé, ce qui fait qu'elles n'ont plus besoin d'avoir que de très faibles hauteurs (6 *m* du côté des États-Unis et 8,60 *m* du côté du Canada).

A chaque extrémité de la grande travée de 265 *m*, il en existe une seconde de faible longueur (8 *m* du côté des États-Unis et 6,50 *m* du côté du Canada) qui relie le tablier du pont avec la chaussée et en dessous de laquelle passent les voies ferrées.

Quant aux câbles, ils sont constitués chacun par un faisceau de 14 fils d'acier de 0,0625 *m* de diamètre réunis aux deux extrémités par des tendeurs formés de barres d'acier de 0,20 *m* de côté et de 0,1650 m^2 de section, puis noyés dans le ciment.

La courbe parabolique des câbles n'existe qu'entre les deux piles métalliques. Cette courbe développée a une longueur de 290 *m* environ.

Comme on le voit, la principale originalité de cette construction réside dans l'adjonction des piles métalliques qui soulèvent les câbles de 0,60 *m* environ au-dessus de la position qu'ils occuperaient si ces piles n'existaient pas et si aucun point d'appui intermédiaire n'était interposé entre les tours de maçonnerie.

Les piles peuvent donc être considérées comme les véritables tours de ce pont et les tours comme faisant partie de l'ancrage.

Ces piles ont eu pour résultat de prévenir les grandes oscillations qui se seraient produites avec une portée aussi considérable.

Ces oscillations ont encore été réduites par d'autres câbles latéraux qui s'accrochent en dessous du tablier de la grande travée et viennent s'ancrer sur les rives dans des massifs de béton, presque au niveau de la rivière. Ils ont un diamètre de 0,06 et sont calculés pour résister à une traction de 150 000 *kg*. Il en existe 6 sur chaque berge, 3 de chaque côté du pont. Leur longueur varie entre 90 et 120 *m*.

Ce pont a été commencé en août 1898. Il remplace un ancien pont suspendu construit en 1849-50.

Il a été construit sous la direction de M. E.-W. Serrell et aura coûté 2 500 000 *f* (*The Engineering Record*, 26 août 1899). G. C.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. Locomotives, machines à vapeur, etc.

7. — **Véhicules présentés au Concours des Poids Lourds en 1899.** — Le concours de l'Automobile-Club de France, dit Concours des Poids Lourds, a eu lieu à Versailles du 5 au 11 octobre 1899.

Les véhicules inscrits au concours étaient au nombre de onze :

N° 1. Voiture de livraison électrique Krieger (type des Magasins du Bon Marché);

N° 2. Voiture de livraison électrique de la Compagnie Internationale des transports automobiles système Jenatzy (type des Magasins du Louvre);

N° 3. Omnibus à vapeur, 30 *ch* de Dion-Bouton;

N° 4. Omnibus à vapeur, 25 *ch* de Dion-Bouton (n'a pas concouru);

N° 5. Camion à vapeur, 30 *ch* de Dion-Bouton;

N° 6. Tracteur-Porteur, 50 *ch* de Dion-Bouton (arrêté par un accident de machine le premier jour);

N° 7. Omnibus Panhard et Levassor, pétrole;

N° 8. Camion à marchandises de Diétrich, pétrole;

N° 9. Camion à vapeur de Diétrich, pétrole (n'a marché qu'à partir du quatrième jour);

N° 10. Voiture de livraison Chaboche, vapeur (accident le premier jour de marche);

N° 11. Camion à marchandises V. Purrey, vapeur (n'a marché qu'à partir du quatrième jour).

En résumé, ont été inscrits :

6 véhicules à vapeur (chauffage au combustible solide) :

- 4 du système de Dion-Bouton;
- 1 du système Chaboche;
- 1 du système V. Purrey.

3 véhicules à essence de pétrole (moteur à explosion) :

- 1 du système Panhard et Levassor;
- 2 du système de Diétrich.

2 voitures de livraison électriques :

- 1 du système Krieger;
- 1 du système Jenatzy.

Il est à regretter que les intéressants véhicules à vapeur, chauffés ou non aux combustibles liquides, qui ont pris part au Concours de Liverpool, n'aient pas pris part au Concours de 1899. Il faut espérer voir prendre, en 1900, au Concours, un caractère international qui ne peut qu'exciter l'émulation des concurrents français pour le plus grand profit des industriels. L. P.

8. — **Omnibus et camion de Dion-Bouton ayant pris part au Concours des Poids Lourds.** — L'omnibus de Dion-Bouton de 20 places, force 30 *ch*, et le camion de 4 *t* qui ont satisfait aux

épreuves du Concours étaient identiques comme moteur et comme mécanisme, comme châssis et comme train; le camion était à proprement parler destiné à devenir un omnibus, mais avait été arrangé en camion pour le Concours; la charge transportée sur ledit camion a été une épreuve excellente de la construction; du reste, la vitesse moyenne de marche du camion était supérieure à ce qu'elle aurait dû être dans la réalité.

MM. de Dion-Bouton avaient fait inscrire également un omnibus analogue au précédent, mais d'une capacité moindre : 16 places, force normale du moteur 25 *ch.* Il n'a pu être prêt à temps.

Enfin, un quatrième véhicule était engagé, c'était un remorqueur-tracteur qui avait été présenté déjà au Concours de 1898; ce véhicule, achevé à la hâte l'an dernier, et qui est destiné au service de l'armée italienne, a été employé par la Société d'études d'omnibus automobiles qui lui a fait faire pendant plusieurs mois, un service de marchandises entre Condé-sur-Noireau et Vire, trois fois par semaine (trajet très accidenté). Le premier jour du Concours le moteur était mis hors service par un vice caché de l'arbre moteur; cet arbre, en acier fondu, avait eu une petite crique au moment de la fabrication, crique qui, à l'usage, à augmenté d'intensité jusqu'à diminuer la section de l'arbre de moitié.

Les renseignements numériques qui nous ont été fournis par MM. de Dion-Bouton sur ces véhicules, sont les suivants; ils ont été en grande partie corroborés par nos propres relevés :

		Omnibus.	Camion.	Tracteur.
Poids à vide	*kg*	5 590	4 800	»
Poids avec les approvisionnements	—	5 360	5 650	»
Charge utile	—	2 000	5 000	10 000
Diamètre des roues : avant	*m*	0,900	0,900	0,900
— — arrière	—	1,100	1,100	1,100
— des fusées d'essieux : avant	—	0,050	0,050	0,060
— — — arrière	—	0,088	0,088	0,088
Largeur des jantes (bandage) avant	—	0,095	0,095	0,140
— — arrière	—	0,110	0,110	0,150
Répartition des poids, essieu, avant en charge		1/3	1/3	1/3
— — arrière	—	2/3	2/3	2/3
Roues avant	*m*	1,760	1,760	»
— arrière	—	1,850	1,850	»
Largeur totale du véhicule	—	2,45	2,45	2,45
Longueur —	—	6,65	6,65	5,50
Puissance normale du moteur	*ch*	30	30	50
Chaudière, surface de chauffe	*m*	6,45	6,45	8,60
— — de grille	—	0,18	0,18	0,23
Timbre — —	*kg*	18	18	18
Moteur, diamètre des cylindres HP	*m*	0,100	0,100	0,270
— — BP	—	0,190	0,190	0,206
Course du piston	—	0,160	0,160	0,200
Vitesse normale de l'arbre moteur		600 tours à la minute		
Rayon de courbe	*m*	»	7,00	»

Consommation moyenne : coke 2,5 *kg*, eau 13 *l* par kilomètre.

Système de frein : 1 frein Lemoine à corde d'acier et à patin; 1 frein à enroulement sur l'arbre à la Cardan. La contre-vapeur.

L. P.

9. — **Camion à vapeur système Purrey.** — Un nouveau système de camion à vapeur a pris part au Concours des Poids Lourds de 1899 : il s'agit du système Purrey qui est utilisé également dans un certain nombre de voitures automotrices de tramways de la Compagnie générale des Omnibus. Le camion Purrey se caractérise par une chaudière à vaporisation rapide, genre du Temple avec réservoir surchauffeur de vapeur, laquelle est placée à l'avant du véhicule.

Cette chaudière, grâce à des dispositions très simples, peut fonctionner sans niveau d'eau et sans soupape de sûreté, cette disposition a été autorisée par le service des mines; elle est alimentée par une pompe automatique et un petit cheval Blake, par l'intermédiaire d'un robinet actionné par un flotteur. Le combustible (coke) est emmagasiné dans une trémie latérale, d'où il tombe naturellement sur la grille inclinée du foyer. La machine à deux cylindres inclinés actionne les roues d'arrière au moyen d'une multiplication de mouvement par engrenages et par des chaines Galle.

Les organes de manœuvre sont réduits au minimum, la variation de vitesse est produite par une manette commandant l'arrivée de la vapeur, un levier identique sert au frein. La direction se fait par un volant central.

Le chariot, du poids de 5 *t*, a porté sur les itinéraires difficiles des environs de Versailles une charge utile de 4 *t*, à la vitesse moyenne de 8 à 9 *km* à l'heure. Les consommations ont été très réduites; elles n'ont pas dépassé en moyenne 7 *kg* de coke par kilomètre de marche. La vaporisation était de 3,5 à 4 *l* d'eau par kilogramme de coke. L. P.

10. — **Chasse-corps pour tramways.** — L'ordonnance imposant l'établissement de chasse-corps sur les voitures de tramways, à Chicago, a été publiée le 1er septembre 1898, et le 1er mai 1899 toutes les voitures de tramways de cette ville en étaient munies. De cette date au 1er septembre, 79 personnes ont été atteintes par des voitures de tramways. Sur ce nombre, 37 ont été recueillies par les chasse-corps, dont 13 adultes et 24 enfants. Sur ces 37 personnes, 17 n'ont rien eu, 15 ont été légèrement blessées, 2 ont eu des fractures aux jambes et une a été mortellement atteinte. Dans 22 autres cas, le chasse-corps a passé sur les personnes renversées, dont 11 adultes et 11 enfants. Un enfant a été tué sur place et 5 personnes mortellement blessées. Des 16 autres, une a eu les deux jambes cassées, 3 une jambe ou un bras cassés, 4 des blessures graves et 7 des blessures légères. Enfin une n'a rien eu. 20 personnes ont été atteintes et poussées de côté par le chasse-corps, dont 2 ont eu une jambe cassée, 2 un bras cassé, 15 des blessures légères et 2 n'ont rien eu. La proportion générale est de 25 0/0 non blessées, 47 0/0 légèrement blessées, 19 gravement et 9 0/0 mortellement. Il y a six types de chasse-corps en usage, tous en forme de panier. (*Engineering News*, 12 octobre 1899, page 233.)

11. — **Une lourde charge.** — Le 9 juin de cette année, la Compagnie des aciéries de Bethlehem a expédié un arbre de machine destiné à l'Elevated Railway de Boston. On dit que c'est la pièce la plus lourde qui ait été expédiée par chemin de fer, à l'exception du canon Krupp que le Pensylvania RR. a transporté à l'occasion de l'Exposition de Chicago.

L'arbre dont il s'agit pèse, avec les pièces qui lui sont attachées, 77 200 *kg*; il a été transporté par le Philadelphie and Reading RR. sur deux wagons. Le premier était un wagon de 45 *t* de port, spécialement destiné à ce genre de transport, avec deux trucs à six roues et châssis métallique, et le second un wagon du Jersey Central, de 36 *t* de port. L'arbre était disposé de telle sorte que le premier wagon portait 60 0/0 du poids total.

Cet arbre, fait pour une machine construite par la Corliss Steam Engine C°, de Providence R. I., a 0,940 *m* de diamètre au milieu; il a été forgé creux avec un trou de 0,432 *m* de diamètre. La longueur est de 8,60 *m*. Les aciéries de Bethlehem ont en ce moment une commande de onze arbres de mêmes dimensions, destinés à des machines pour le Metropolitan Street Railway de New-York, seize autres pour la Compagnie Westinghouse, destinés à des moteurs pour le chemin de fer de la 3e Avenue, à New-York, et deux pour la Compagnie Edison d'éclairage de Brooklyn. Les mêmes aciéries ont encore en fabrication quinze arbres un peu plus petits pour des installations hydrauliques faites par la Compagnie Westinghouse à Messina. N. Y. (*Railroad Gazette*, 11 août 1899, page 572.)

12. — **Parcours rapide.** — Le mercredi 23 août de cette année, l'Empire State Express, avec le nombre réglementaire de voitures (quatre), ayant été retardé au départ, a fait le trajet de Syracuse à Buffalo, distance 239,6 *km*, en 140 minutes, y compris l'arrêt ordinaire de 2 minutes à Rochester et un arrêt à East Buffalo pour réparations à la voie. Le train est parti de Syracuse à 2 h. 37 de l'après-midi et est arrivé à Buffalo à 4 h. 57, avec 12 minutes de retard sur l'heure réglementaire. La vitesse moyenne, arrêts compris, ressort à 102,7 *km* à l'heure. (*Railroad Gazette*, 22 septembre 1899, page 664.)

13. — **Le plus grand câble en métal du monde.** — Le plus grand câble métallique qui existe actuellement paraît être celui qui fonctionne sur le Glasgow District Subway. Ce câble est fabriqué par MM. D. et G. Haggie, à Sunderland, et pèse environ 65 *t*. Il a déjà travaillé plus de 14 mois, tandis que le précédent n'avait duré que 10 mois et demi. Son parcours a été de 136 000 *km* contre 98 000 pour le précédent. Les bons résultats obtenus sont dus, en très grande partie, à l'emploi pour la fabrication d'une machine perfectionnée installée par les fabricants. Le principe consiste à faire les torons et à terminer le câble sur la même machine, ce qui donne des garanties sérieuses de bonne confection. L'acier employé dans la fabrication du câble est, d'ailleurs, de qualité tout à fait supérieure. (*Engineering*, 20 octobre 1899, page 509.)

III[e] SECTION

Travaux géologiques, Mines et Métallurgie, Sondages, etc.

14. — **Houillères et salines du Donietz.** — Le Comité russe pour le transport et la répartition des combustibles informe qu'au 1/13 août (pendant la moitié de l'année 1899 courante), ont été transportés par les trois réseaux desservant le bassin du Donietz (chemins de fer de Koursk-Sébastopol, du Sud-Est et de Catherine), les quantités suivantes de houille et de sels (marins et gemmes).

	Houilles.	Sels.
Sept premiers mois de 1899.	3 515 400 *t*	250 700 *t*
— — 1898.	2 940 000	224 500
Augmentation pour 1899	575 400	26 200

On prévoit, pour 1899, une production totale de 7 millions et demi de tonnes de houille et d'un demi-million de tonnes de sels.

Pendant le mois de juillet 1899, la répartition de la production de houille aux industries diverses a été, en tonnes, de :

	Juillet 1899	Juillet 1898		1899
Chemins de fer	118 600	89 640	+	28 910
Salines.	2 680	6 080	—	3 400
Compagnie de navigation.	16 890	23 790	—	6 900
Usines à gaz	3 730	5 620	—	1 890
Sucreries.	54 330	25 970	+	28 360
Métallurgie.	198 600	150 990	+	47 610
Industries diverses.	130 620	107 450	+	23 170
Côtes de la mer Noire par le port de Marienpol	58 170	57 450	+	710
	583 620	466 990	+	116 630

Soit, comparativement à 1898, une augmentation de consommation et de production, pour le mois de juillet, de 116 630 tonnes.

On remarquera que les chemins de fer, les sucreries, les usines métallurgiques, les industries diverses, le port de Marienpol sont en progression de 128 810 *t*, tandis que les salines, les Compagnies de navigation, les usines à gaz sont en diminution de 12 188 *t*.

En juillet, les réserves en charbon sur le carreau des mines et dans les dépôts de chemins de fer étaient de 147 600 *t*, soit 16 500 *t* de plus qu'en juin 1899.

Les prix à la mine ont varié dans les proportions suivantes :

Tout venant.	12	à 14 *f*	la tonne à la mine.	
Qualités spéciales	14	à 15	—	—
Coke.	23	à 26	—	—
Anthracite du Donietz . . .	13	à 14,55 *f*	—	—
Houilles à flammes	28	à 29,50	—	à Kharkoff.
Anthracite	29,50	à 31,25	—	—

A Varsovie, par suite de la hausse des houilles provenant du bassin de Dombrowa (Pologne), l'importation des charbons de Silésie atteint la proportion de 9000 *t* mensuellement au lieu de 1500 qu'on importait précédemment, sans compter la consommation des usines à gaz. (Communiqué par M. L. Journolleau.)

15. — **Les hauts fourneaux aux États-Unis.** — Au commencement de juillet dernier il y avait 237 hauts fourneaux en feu aux États-Unis, avec une production totale de fonte de 263 363 *t* par semaine. Au commencement de janvier de cette année, il y avait 200 hauts fourneaux en feu avec une production totale par semaine de 243 516 *t*. Au commencement de juillet 1898, le nombre correspondant était de 185 et la production correspondante de 216 311 *t*. Au commencement de janvier 1898, ces nombres étaient 188 et 226 608, et enfin, au commencement de juillet 1897, le nombre des hauts fourneaux était de 145 et leur production de 164 164 *t*. La production actuelle est donc la plus grande qu'on ait eu à enregistrer depuis deux ans.

Au commencement de janvier de cette année, la production totale par semaine était, comme on l'a vu plus haut, de 243 516 *t*; elle était au commencement de février de 237 639, au commencement de mars de 248 195, au commencement d'avril de 245 764, au commencement de mai de 250 095 et au commencement de juin de 263 363 *t*.

Tandis que la production augmentait dans cette mesure, les approvisionnements de fonte diminuaient considérablement, étant tombés à 169 335 *t* au commencement de juillet dernier, contre 233 335 au commencement de juin, 284 127 au commencement de mai, 311 963 au comcement d'avril, 427 081 à celui de mars, et enfin à 462 904 à celui de février. (*Engineering*, 11 août 1899, page 188.)

16. — **Emploi de minerai pulvérulent dans la fabrication de l'acier sur sole.** — Le docteur H. Tholander a fait en septembre 1877 des expériences aux aciéries de Hofors (Suède) sur l'emploi de minerai pulvérulent au lieu de minerai en morceaux au four à sole.

C'étaient des minerais concentrés provenant des ateliers de séparation magnétique de Lulea et contenant 72 0/0 de fer et 0,1 0/0 de phosphore; la grosseur moyenne des grains était d'environ 1 *mm*. On a fait quatre charges successives, trois avec de la fonte, des riblons et du minerai et la quatrième avec de la fonte et du minerai seulement, mais avec addition d'un peu de calcaire, les additions finales de ferro-manganèse et de ferro-silicium se faisait pour toutes les charges à la manière ordinaire.

La quatrième charge comprenait 11,1 *t* de fonte et 1,22 de minerai, ce qui devait donner 92 0/0, soit 10,21 *t* de lingots. On a obtenu en réalité 10,87 *t*, soit un excès de 0,66 *t*. Le temps nécessaire pour l'opération a été de 50 0/0 inférieur à celui qui correspond à l'emploi des riblons, et le docteur Tholander espère que lorsque le procédé aura été pratiqué couramment, ce temps pourra encore être réduit; de même qu'on pourra probablement élever de 11 à 15 0/0 la proportion de minerai par rapport à celle de la fonte.

La composition des lingots était la suivante :

Carbone	0,12 0/0.
Manganèse	0,33 —
Phosphore	0,027 —
Soufre	0,003 —

Une autre application, due à M. H. Brinell, est un perfectionnement du procédé Ellershausen qui consiste à incorporer le minerai à la fonte au moment de la coulée. Une lingotière est partiellement remplie avec le métal liquide versé par la poche; lorsqu'il est sur le point de se solidifier, on jette sur la surface une certaine quantité de minerai menu et on répète l'opération jusqu'à ce que le moule soit plein. On peut ainsi ajouter de 12 à 15 0/0 de minerai sans diminuer la cohésion des lingots qu'on emploie ensuite au lieu de fonte dans le four à sole. Les minerais riches et concentrés sont très convenables pour cet usage. (*Engineer*. 18 août 1899, page 172.)

17. — **Un nouvel explosif.** — Le nouvel explosif, connu sous le nom de thorite, qu'on emploie pour la charge de rupture d'obus tirés avec des canons ordinaires, est préparé suivant une formule connue seulement de son inventeur le docteur N. P. Tuttle, de Tacowa, Waeh. et de quelques rares officiers de l'armée des États-Unis. Dans les essais faits récemment pour déterminer la quantité d'éclats donnés par cet explosif, un obus de 178 *mm*, pesant 60 *kg*, a été chargé avec 1,81 *kg* de thorite et on a déterminé l'explosion par l'électricité. On a estimé que le nombre des fragments était d'une vingtaine de mille.

Des obus de 254 *mm* chargés de thorite ont été tirés contre une plaque d'acier harveysée et n'ont pas fait explosion. Le docteur Tuttle a pu plonger un fer rouge dans un bidon contenant près d'un kilogramme de cet explosif, sans résultat appréciable. Il faut un détonateur pour produire l'explosion. (*Engineering News*, 7 septembre 1899, page 145.)

18. — **Travail du granit.** — On entend à chaque instant répéter que le génie civil moderne est incapable de travailler et de transporter de grands monolithes tels que ceux que les anciens Égyptiens érigeaient aux environs de leurs temples ou faisaient entrer dans la construction de ceux-ci. On peut répondre à cette assertion que, depuis l'emploi d'un outillage perfectionné, le travail de ces monolithes est devenu des plus faciles. On peut citer, entre autres exemples, un certain nombre de colonnes préparées pour la nouvelle cathédrale de Saint-Jean à New-York, lesquelles ont, finies, 1,90 *m* de diamètre et 16,50 *m* de longueur. Ces colonnes sont en granit et ont été tirées de blocs débités dans la carrière et mesurant 2,10 *m* de côté et 19,50 *m* de longueur. On a construit un tour gigantesque tout exprès pour travailler ces colonnes et les amener à la forme définitive. (*Engineering*, 20 octobre 1899, page 501.)

19. — **Four électrique pour la réduction des minerais de fer.** — Récemment, le capitaine Stazzano a construit un four à arc pour la réduction des minerais de fer; c'est un véritable haut fourneau dans lequel deux électrodes pénètrent horizontalement au-dessus du creuset.

Le four est construit en briques réfractaires, excepté dans le voisinage des électrodes où il est en graphite. Le creuset est percé d'un trou de coulée à sa partie inférieure, sensiblement au-dessous des électrodes. Le haut fourneau est fermé par un cône renversé et des ouvertures latérales permettent de recueillir les gaz.

Un four de ce genre d'environ 3 *m* de hauteur a été construit par le capitaine Stazzano, sous les auspices de la Société *Anglo-Romana*, dans les usines de Cerchi.

Dans une expérience, en présence de nombreux invités, une certaine quantité de sidérite calcinée et pulvérisée fut mélangée à du charbon de bois et à un peu de goudron, et on opéra de manière à obtenir une intensité de courant de 1 800 ampères sous 50 volts. On obtint en une heure 30 *kg* de métal. Le four fonctionna sans aucun bruit, mais le trou de coulée fut obstrué par une loupe, et il fallut abattre la muraille du four pour la retirer, on trouva alors un bloc d'acier très doux.

Le but de l'inventeur est d'obtenir la transformation directe du minerai en fer doux, mais, depuis longtemps, on sait que la réduction de l'oxyde de fer au four électrique est facile. Il reste donc à résoudre la question économique du problème, et, pour cela, d'autres expériences doivent être faites, car celles exécutées jusqu'à ce jour ne permettent pas encore de se prononcer. (*L'Electro-Chimie*, août 1899, page 127.)

IVe SECTION

Physique, Chimie industrielle, Divers, etc.

20. — **L'acétate de cellulose.** — Dans un article récemment publié dans le *Zeitscheift für Angewandte Chemie*, le docteur C. O. Weber prévoit un grand avenir industriel pour l'acétate de cellulose découvert par MM. Cross et Bevan, il y a deux ou trois ans. Ce corps ressemble sous plusieurs rapports aux nitro-celluloses bien connues, mais s'en distingue essentiellement en ce qu'il n'est pas explosif et supporte sans décomposition une température assez élevée. Il n'est pas soluble dans l'alcool, l'acétone ou l'éther, mais il l'est dans le chloroforme, la nitrobenzine et quelques autres corps. C'est un excellent isolant, dont la résistance est supérieure à celle de la gutta-percha et du caoutchouc et on peut le proposer comme substitut du mica pour l'isolation électrique tandis que, pour d'autres applications, il est susceptible de remplacer le celluloïd (*Engineering*, 4 août 1899, page 145).

21. — **L'industrie perlière en Russie.** — Dans une conférence faite à Saint-Pétersbourg, M. le Professeur Khrebtoff, a rendu compte des résultats d'une mission dont il avait été chargé relativement à l'industrie perlière, industrie dont il fait remonter l'origine au XVe siècle.

Très florissante sous Pierre le Grand, cette industrie exercée avec les procédés les plus primitifs, n'existe plus que dans les régions d'Arkhangel, d'Olonietz et dans celles des lacs et fleuves sibériens.

Les indigènes se servent de gaffes dont ils frappent les coquillages pour les saisir en les perforant. Ils procèdent à cette opération au

hasard, sans méthode aucune, perdent quantité de perles en écrasant les coquillages quand ils ne les détruisent pas avant leur complet développement. Ignorant la valeur du produit, ils rejettent comme impropres les perles de couleur noire si estimées.

Le conférencier ajoute que ces perles, achetées par les marchés d'Europe, reviennent bien souvent en Russie sous le nom de perles orientales.

Les auditeurs ont pu admirer la collection très complète de vues photographiques de perles fines et d'articles divers rapportés par la mission (Communiqué par M. L. Journolleau).

22. — **Une conduite de pétrole.** — On achève actuellement la pose d'une conduite de 230 *km* de longueur en tuyaux de 0,20 *m* de diamètre, destinée à conduire du pétroie de Michaïlovo à Batoum, le long du chemin de fer Transcaucasien.

Il y aura trois stations de pompes, comportant chacune une machine compound élévatoire de 150 *ch.* Chaque station pompera 90 *t* métriques par vingt-quatre heures ce qui donne un total de 25 000 *t.*

La conduite est recouverte de ballast et porte tous les 3 *km* des valves de sûreté, pour isoler chaque section en cas de rupture d'un tuyau.

A Michaïlovo, l'huile est chargée des puits dans des wagons-citernes qui la déchargent directement dans des trémies en communication avec deux réservoirs contenant 12 000 m^3. A chacune des trois stations de pompes, il y a trois réservoirs semblables plus un de réserve en cas de réparations. A l'extrémité de Batoum se trouvent 11 réservoirs d'une contenance totale de 600 000 m^3. On pense que l'installation complète pourra fonctionner à la fin de cette année *(Enginering News*, 12 octobre 1899, page 246).

23. — **L'industrie des allumettes en Russie.** — A propos de l'appel fait aux inventeurs par le Conseil fédéral suisse pour une nouvelle composition de pâte pour allumettes présentant toutes les garanties de sécurité voulues, le *Journal Russe du Commerce et de l'Industrie* donne quelques détails sur cette industrie en Russie et sur les résultats des efforts faits par le gouvernement impérial pour remplacer les allumettes phosphorées par les allumettes suédoises.

Après avoir expliqué que cette industrie était libre en Russie et que les droits d'accise étaient perçus par application de banderolles sur les boîtes en paquets, l'article fait mention de la loi du 16 novembre 1892, par laquelle l'État, sans suivre l'exemple du Danemark qui, en 1875, a formellement interdit la fabrication des allumettes phosphorées, s'est contenté de les frapper d'un impôt double de celui qui grevait les allumettes suédoises.

Les effets de cette mesure ont été les suivants :

Productions exprimées en millions.

	1892	1895	1897
Allumettes suédoises	41 939	102 930	143 349
— phosphorées ordinaires. .	104 636	64 141	36 693

En parlant des pertes causées par les incendies dus à l'usage imprudent des allumettes ou aux jeux des enfants, le journal cite le cas de l'Allemagne qui, de 1879 à 1886, a eu 30 millions de francs de dommages de ce chef et se demande combien ces pertes doivent être encore plus grandes en Russie où les constructions sont en majeure partie en bois et couvertes en chaume. A ce sujet, l'article exprime le regret que la loi de 1892 n'ait pas prévu l'obligation d'imprégner préalablement les bois servant à l'industrie des allumettes d'une composition à base de paraffine peu coûteuse supprimant, après extinction, les points restés en ignition, lesquels, par leur chute sur des corps facilement inflammables, occasionnent tant d'incendies qu'il serait facile d'éviter (Communiqué par M. L. Journollcau).

24.— **Galvanisation des tubes de chaudières.**— Les grands ateliers de Maudslay, Sons and Field, à East Greenwich, ont installé un matériel de galvanisation pour traiter spécialement les tubes des chaudières Belleville qu'ils construisent, on le sait, sur une grande échelle, surtout pour l'Amirauté.

On emploie le procédé Cowper-Coles, qui repose sur l'emploi du zinc en poudre pour régénérer le bain avec des anodes solubles ou insolubles. La circulation du liquide se fait comme suit: la solution qui contient de l'acide libre, lequel se porte à la partie supérieure, s'écoule par un déversoir placé dans un coin du réservoir de galvanisation et passe dans un bassin d'où elle est élevée dans les réservoirs de régénération. C'est dans ces réservoirs qu'on introduit le zinc en poudre sur des grilles en bois recouvertes d'une couche de fibre de noix de coco; cette poudre est mêlée avec une matière inerte, telle que du sable ou du coke pulvérisé. Le liquide du bain est brassé par l'injection dans la masse d'air comprimé.

La solution électrolytique régénérée rentre dans les cuves de galvanisation à l'extrémité opposée à celle par où elle sort après avoir agi.

Les tubes sont placés verticalement dans les cuves et on les fait tourner de temps en temps autour de leur axe au moyen d'une manivelle convenablement disposée, pour que le dépôt de zinc soit uniforme. Le poids déposé est d'environ 0,400 *ky* par mètre carré de surface *(Engineer*, 13 octobre 1899. page 379, article illustré.)

25. — **Passage de l'eau à travers les moteurs.** — On s'est demandé si le passage d'une eau de source dans une turbine, par exemple, cas qui se présente dans certaines villes, peut modifier les qualités de cette eau.

La municipalité de Lausanne a fait étudier cette question. Une expertise faite en 1893 par MM. Aguet et Chavannes concluait ainsi : nous ne voyons pas d'inconvénients à ce que l'eau soit livrée à l'alimentation après avoir passé sur les turbines Ce cas se présente à plusieurs endroits A Vevey, par exemple, à sa sortie de la source, l'eau des Avants passe dans une turbine qui fournit la force motrice à une scierie et à une installation électrique.

Les turbines sont placées dans des bâches en fonte hermétiquement

closes et il ne peut s'introduire dans l'eau aucun élément nuisible. Les paliers graisseurs sont placés en dehors de la bâche. L'eau sera certainement plus propre qu'avec l'alimentation avec pompes-élévatoires, où l'huile des moteurs s'introduit par le piston et accessoires.

MM. les docteurs Nicolas et Roth, dont l'autorité en matière bactériologique est considérable, ont rédigé, d'autre part, un rapport d'expertise où cette question de la souillure de l'eau par les engins mécaniques était précisément examinée. Ce rapport, de mars 1897, s'exprime ainsi:

Les pompes à piston ont l'inconvénient de graisser l'eau et de tapisser les réservoirs d'une boue gluante.

Les pompes centrifuges et les turbines ne graissent pas l'eau et il suffit de précautions simples pour éviter les contaminations de l'eau qui passe au travers.

Ces citations suffisent pour montrer qu'une eau de source, après avoir passé par une turbine, reste une eau de source, et telle qu'elle était auparavant, telle elle reste après. Le fait a d'ailleurs été prouvé par des expériences bactériologiques.

Dès l'instant que l'on admet que le transport de l'eau dans une conduite en fonte ne saurait modifier sa constitution, il est facile de comprendre que la variation de vitesse et de pression que l'eau subit dans une turbine ne peut avoir plus d'effet. (Extrait d'une lettre de M. Roger Chavannes, Ingénieur à la *Gazette de Lausanne.)*

26. — **Production du carbure de calcium.** — Un article paru récemment dans une revue technique allemande donne une comparaison du coût du carbure de calcium avec les diverses sources de travail moteur: vapeur, gaz de hauts fourneaux et force hydraulique. L'auteur admet, qu'en pratique, un cheval effectif peut donner, par vingt-quatre heures, 3,68 *kg* de carbure de calcium et qu'il faut, par conséquent, fournir aux électrodes du four électrique 272 *ch* effectifs pour produire 1000 *kg* par vingt-quatre heures. Si on tient compte des pertes de diverses natures et si on suppose un rendement de 77 0/0 du matériel électrique, il faudra pratiquement compter sur 450 *ch*. Avec un moteur hydraulique, la dépense annuelle s'élèverait à 16 250 *f*; avec la vapeur, en supposant du lignite à 3,75 *f* la tonne, à 26 600 *f*; avec la vapeur et de la houille à 11,25 *f* la tonne, à 29 150 *f*. Dans les pays où on ne dispose pas de chutes d'eau on a, paraît-il, produit du carbure à raison de 220 *f* la tonne. *(Engineer*, 13 octobre 1899, page 373.)

27. — **Production de la bière.** — Une statistique allemande nous donne quelques chiffres intéressants sur la quantité de bière produite dans le monde entier pendant l'année 1897-1898.

Le chiffre total de la production aurait atteint le chiffre de 224 400 000 *hl.* sur lesquels l'Allemagne aurait produit 61 300 000 *hl*, les États-Unis, l'Amérique du Sud et l'Australie, ensemble 55 400 000 *hl*, la Grande-Bretagne, 53 000 000 *hl*, l'Autriche-Hongrie, 20 610 000 *hl*, la Belgique, 12 410 000 *hl*.

La statistique place la France au cinquième rang, avec une production de 8 870 000 *hl*. C'est l'Espagne qui arrive au dernier rang avec 130 000 *hl*.

…e seule brasserie aurait produit 709 000 *hl.*

…ue de la consommation par habitant, voici comment se …oducteurs de bière :

…Belgique, 169,2 *l* ; Grande-Bretagne, 145 *l* ; Alle…mark, 85 *l* ; Suisse 55 *l* ; États-Unis, 47 *l* ; Au…Pays-Bas, 40 *l* ; la France, 22,4 *l* ; la Norvège, …sie, 4,7 *l.*

…**viandes gelées.** — Le *Fifeshire* a été …tiers de Clidebank, pour MM. Turnbull, Martin …rt des viandes gelées entre le Queensland, la Nou…Londres. Le navire est revenu à Londres de son pre…6 juin dernier.

…nsions sont : longueur, 137 *m* ; largeur, 16,50 *m* ; creux, … ; capacité de port en lourd, 9 000 *t.* Il est muni d'une machine …ple expansion recevant la vapeur de trois chaudières avec tirage …rcé du système Howden. Dans la chambre des machines sont disposées trois grandes machines frigorifiques à ammoniaque de Linde. Chacune d'elles peut faire circuler, par vingt-quatre heures, 36 000 m^3 d'air refroidi à — 10° C. et l'ensemble de ce matériel a une puissance frigorifique équivalente à la production de 72 *t* de glace par jour. Les chambres isolées peuvent recevoir 100 000 carcasses de moutons et il y a, en outre, des cales pour recevoir environ 5 000 *t* de marchandises.

En partant d'Europe, le navire a fait à Glasgow un chargement qu'il a complété à Londres, d'où il s'est rendu à Freemantle, puis à Sydney, et est revenu à Londres en passant par la Nouvelle-Zélande. Il vient de débarquer la plus grosse cargaison de viande gelée qu'on ait encore vue, savoir : 96 500 carcasses de moutons, plus une forte quantité de viande de bœuf, du fromage, du froment, de l'avoine et diverses marchandises, sans compter 15 000 lapins gelés Le navire a maintenu une vitesse de 11 nœuds pendant toute la durée du voyage.

29. — **École polytechnique de Zürich.** — L'année scolaire 1899-1900 de l'École polytechnique fédérale a commencé le 9 octobre et les cours se sont ouverts le 17 octobre.

Le nombre des étudiants réguliers s'est élevé, pendant l'année 1898-1899, à 935 (année précédente 871), dont 553 Suisses et 382 étrangers.

Ces élèves se répartissent comme suit dans les diverses écoles : architecture, 74, dont 16 étrangers ; génie civil, 180 (73 étrangers) ; mécanique industrielle, 322 (148) ; chimie industrielle : section technique, 186 (104) et section pharmaceutique, 14 (7) ; école forestière, 35 (1) ; agriculture, 57 (10) ; génie agricole, 14 (3) ; école normale : section de mathématiques, 24 (10) et section des sciences naturelles, 29 (10).

En outre, il y a eu 455 auditeurs, dont 178 étudiants de l'Université de Zürich, principalement à la VII^e section (cours facultatifs). (*Journal de Genève*, 12 octobre 1899.)

V^e^ SECTION

Électricité.

30. — **Locomotives électriques du tunnel de Baltimore.** — On a beaucoup parlé, il y a quelques années, des puissantes locomotives électriques installées pour faire le service du Baltimore Ohio R. R. dans le tunnel qui passe sous la ville de Baltimore. Il paraît qu'on est loin de se servir de ces locomotives dans la mesure qu'on prévoyait au début. Les retards amenés par les opérations d'attelage et de dételage des locomotives électriques ont été trouvés assez importants pour qu'actuellement, en pratique, tous les trains de voyageurs et 25 0/0 environ des trains de marchandises soient remorqués, dans le tunnel, par les locomotives à vapeur. On a, d'ailleurs, reconnu que les inconvénients résultant pour ce passage de la fumée et de la vapeur étaient moins sérieux qu'on ne l'avait supposé. Le résultat de cette situation est que la station centrale d'électricité a un très grand surplus de production qu'elle utilise en le vendant aux tramways de la surface. (*Engineer*, 4 août 1899, page 117.)

31. — **Électromobile.** — Nous avons indiqué sous ce titre, dans les *Informations techniques* de juillet, page 144, que le journal *Electrical Review* avait proposé un prix pour le meilleur nom à donner à une automobile pour routes à moteur électrique. Plus de 400 noms avaient été proposés et le jury a choisi le nom d'électromobile. Nous trouvons dans un journal américain l'indication de quelques-uns de ces 400 noms et nous les reproduisons à titre de curiosité : Accelawatt, — Equine nit, — Bacrotom, — Automo, — Aut, — Faraday, — Autopropelectric. — Electragon, — Trolley, — No, — Moto, — Locomobile, — Telecar, — Electrapel, — Autoyo, — Autovolt, — Elecar, — Pacolet, — Franklin, — Automate, — Chevaless, — Moby, — Plantémobile, — Electrola, — Antihorse, — Voltcar, — Quadrecycle, — Odomotor, — Autema. (*Engineer*, 4 août 1899, page 117.)

32. — **Nouveau système d'éclairage électrique des voitures du P.-L.-M.** — La Compagnie de P.-L.-M. vient d'appliquer à titre d'essai sur une voiture de 1^re^ classe à couloir un système d'éclairage électrique nouveau comportant, comme le système Stone, une batterie d'accumulateurs et une dynamo génératrice actionnée par l'un des essieux et produisant, à partir d'une certaine vitesse, un courant constant dont le procédé de réglage diffère essentiellement de celui du système Stone.

La dynamo génératrice à excitation constante a une vitesse proportionnelle à celle de l'essieu qui la conduit et la tension aux bornes est sensiblement proportionnelle à la vitesse. Tant que la tension aux bornes de la dynamo est inférieure à celle qui existe aux bornes de la batterie de la voiture, le circuit reliant la dynamo à la batterie est maintenu ouvert par un conjoncteur-disjoncteur automatique et l'excitation de l'inducteur de la dynamo est faite exclusivement par la batterie qui alimente en même temps les lampes. Quand, par suite de l'augmentation

de la vitesse du train, les deux tensions deviennent égales, le conjoncteur-disjoncteur automatique couple en parallèle la batterie avec la dynamo et celle-ci commence à fournir une partie du courant nécessaire à l'alimentation des lampes et à l'excitation de l'inducteur. La vitesse augmentant un peu, la dynamo fournit non seulement le courant nécessaire à l'alimentation des lampes et à l'excitation de l'inducteur, mais encore un excédent de courant qui charge la batterie.

S'il n'y avait pas de dispositif spécial pour limiter l'intensité du courant fourni par la génératrice, celui-ci deviendrait beaucoup trop considérable.

Ce dispositif consiste en un petit moteur électrique série traversé par le courant à régulariser et portant une poulie sur laquelle un frein est appliqué avec une pression convenable. Dès que l'intensité du courant atteint une limite déterminée, le petit moteur commence à tourner malgré l'action du frein, la force électromotrice qu'il développe se retranche de celle de la dynamo génératrice et l'intensité du courant reste constante, quelle que soit la vitesse, puisque les tensions tout en croissant proportionnellement, leur différence reste constante.

La dynamo génératrice est du type bipolaire; à la vitesse de 1 350 tours elle donne 30 ampères sous 15,5 volts. Elle est suspendue au châssis de la voiture par une articulation et maintenue dans une position fixe au moyen d'une tringle filetée.

La transmission de mouvement de l'essieu à la dynamo s'effectue au moyen d'un galet de friction en cuir monté à l'extrémité d'une tige articulée prolongeant l'axe de l'induit et qui est appliqué contre la face plane intérieure du bandage de l'une des roues de l'essieu milieu de la voiture.

Le régulateur d'intensité est un petit moteur bipolaire série dont l'axe de l'anneau porte une poulie de bronze sur laquelle s'appuient des frotteurs en charbon pressés par des ressorts. La tension de ces derniers est réglée de telle façon que le moteur ne peut démarrer que lorsque l'intensité qui le traverse est égale à 28 ampères.

Lorsque la vitesse dépasse 50 *km* l'induit commence à tourner et l'intensité reste constante et égale à 28 ampères, dont 16 servent à l'alimentation des lampes de la voiture, 8 sont employés à recharger la batterie et 4 à l'excitation de la dynamo, au conjoncteur-disjoncteur et au commutateur-inverseur.

La batterie d'accumulateurs se compose de 8 éléments Boese du poids de 208 *kg* et d'une capacité utilisable de 180 ampères-heure. L'intensité du courant d'éclairage étant de 20 ampères environ la batterie pourrait, à elle seule, assurer l'éclairage pendant huit à neuf heures.

Les lampes à incandescence sont au nombre de 13, leur intensité lumineuse est de 9 bougies et elles consomment chacune 1,22 ampère sous 15 volts.

Un commutateur de mise en veilleuse permet de grouper en tension les deux lampes d'un même compartiment.

La voiture en question est en service régulier depuis le 27 mars dernier et les résultats obtenus sont des plus satisfaisants.

(Voir pour plus de détails la note de M. Auvert publiée dans le n° 2 d'août 1899 de la *Revue générale des Chemins de fer.)* G. B.

33. — **Tramway électrique de Rouen à Bonsecours et Mesnil-Esnard.** — La longueur totale de la ligne est de 5,629 *km*; elle est à voie unique à 1,44 *m* d'écartement. La rampe la plus forte est de 80 *mm* par mètre; la moyenne dans la montée était de 60 *mm* par mètre.

Le courant est amené par un fil de cuivre de 9 *mm* de diamètre placé dans l'axe de la voie à 6,50 *m* au-dessus du sol.

La ligne est en double fil entre Rouen et l'usine génératrice située sur le plateau de Bonsecours, et en fil simple entre ladite usine et Mesnil-Esnard.

Le courant de retour se fait par les rails reliés entre eux par des fils de cuivre rivés et emboutis.

Six voitures automotrices assurent le service. Elles peuvent remorquer chacune une voiture ouverte.

Les automotrices contiennent 48 places dont 20 assises.

Sur chaque essieu est monté un moteur Westinghouse de 35 *ch.*

Le courant est pris sur la ligne aérienne par trolley du système Dickinson.

Les voitures sont munies d'un frein à main seulement, ce qui est évidemment insuffisant pour une ligne présentant des déclivités aussi fortes.

L'usine est située sur le plateau de Bonsecours. Elle comprend deux groupes électrogènes composés chacun d'une machine à vapeur horizontale système Fleury commandant par courroie une dynamo Westinghouse de 200 kilowatts à un voltage de 560 volts pouvant aller à 600 volts.

Les chaudières sont du types Babcock et Wilcox, elles sont timbrées à 12 *kg.*

Le service des voitures fonctionne de 5 heures du matin à 9 heures du soir avec un départ tous les quarts d'heure.

Les arrêts sont fixes. Le transport des messageries s'effectue à un tarif déterminé.

Le capital social est de 1 250 000 *f.*

Les recettes ont été, en moyenne, pour les deux premiers mois de mise en exploitation de 600 *f* par jour et les frais généraux de 400 *f.* (*L'Électricien* n° 456, du 23 sept. 1899.) G. B.

34. — **Éclairage du tunnel des Batignolles.** — Dans le Bulletin de mai dernier nous avons parlé de ce projet, qui à l'époque, était en cours d'exécution. L'installation est aujourd'hui terminée et on peut se rendre compte de l'effet produit. G. B.

35. — **La ligne électrique Burgdorf-Thoune.** — On vient d'inaugurer en Suisse une nouvelle ligne à voie normale entre Burgdorf et Thoune, où la traction est électrique.

L'énergie est fournie par l'usine Kander à Spiez, sur le lac de Thoune, sous la forme de courant triphasé à 15 000 volts.

La ligne à haut potentiel est supportée par des poteaux en bois, ou fer, placés en dehors des emprises du chemin de fer; quatorze stations de transformateurs réduisent la tension de 15 000 à 750 volts.

Les conducteurs de contact sont formés de deux fils de cuivre étiré de 8 *mm* de diamètre; les rails servent de troisième conducteur.

Le matériel roulant comprend six automotrices de 32 *t* et un même nombre de voitures remorquées.

Les voitures automotrices ont 66 places assises et celles remorquées 55 places de 2e et 3e ou 70 places de 3e classe.

La vitesse est de 36 *km* en moyenne. Tous les wagons sont éclairés et chauffés à l'électricité.

Le transport des marchandises s'effectue à l'aide de deux locomotives électriques pourvues chacune de deux moteurs de 150 *ch*, elles peuvent remorquer 100 *t* sur les plus fortes rampes. Leur vitesse varie de 18 à 36 *km*.

La ligne a 41 *km* de longueur et comporte 13 stations intermédiaires toutes éclairées par l'électricité *(Schweizer Bauzeitung)*. G. B.

36. — **Chemin de fer du mont Blanc.** — La gare de départ du chemin de fer du mont Blanc sera placée sur le territoire de la commune des Houches, à proximité du chemin de fer électrique se dirigeant sur Chamonix actuellement en construction.

L'entrée en galerie aura lieu un peu en amont du hameau de Taconnaz à l'altitude de 1 100 *m*. Le chemin de fer suivra la crête sur la rive gauche du glacier de Taconnaz qui s'élève par le pic du Gros Bechar sur l'aiguille du Goûter.

Une galerie souterraine de 5 *km* partira du pied de la montagne de Taconnaz pour aboutir au sommet de l'aiguille du Goûter à 3 843 *m*.

Des balcons seront établis sur divers points du trajet pour procurer aux voyageurs des aperçus sur les montagnes neigeuses du mont Blanc. Une gare-hôtel importante sera construite vers le sommet de l'aiguille du Goûter.

Cette station sera le point de départ d'excursions sur le glacier. La galerie se dirigera directement sous le dôme du Goûter, dans la direction de l'observatoire Vallot situé sur les rochers des Bosses à 4 362 *m*. Là sera établie une nouvelle station.

De cette altitude, pour parvenir aux Grands, puis aux Petits Rochers Rouges qui sont à 350 *m* au-dessous du sommet du mont Blanc on traversera sous les rochers des Bosses.

Des Petits Rochers Rouges (4 580 *m*), station terminus, au mont Blanc (4 810 *m*), la distance sera franchie au moyen d'un câble-traîneau se déplaçant sur une pente douce de neige durcie.

Le trajet total parcouru par le chemin de fer à crémaillère et le câble-traîneau sera de 10 *km*.

La dépense totale s'élèverait à 21 millions et on pense atteindre le dôme du Goûter (3 500 *m*) et mettre en exploitation au mois de juillet 1902. *(Journal des Transports* n° 41, du 14 oct. 1899.) G. B.

37. — **Chemin de fer électrique de Laon-Gare à Laon-Ville.** — La Compagnie Thomson-Houston a installé entre Laon-Gare et Laon-Ville une petite ligne de chemin de fer électrique remarquable surtout au point de vue des rampes importantes qu'elle présente. Sa longueur est de 1 500 *m* et la différence de niveau entre les deux cotes extrêmes est de 100 *m*. Sur 600 *m* environ les rampes sont presque insi-

gnifiantes, mais sur 860 *m*, la rampe moyenne atteint 10 0/0; la plus forte rampe est de 130 *mm* par mètre sur une longueur de 202 *m*.

Bien que l'expérience du funiculaire de la côte Sainte-Marie au Havre ait permis aux Ingénieurs de la Compagnie Thomson-Houston de penser que les rampes indiquées ci-dessus pourraient être franchies par simple adhérence, une crémaillère a été établie sur la plus grande partie du parcours.

Aux essais de réception on constata que l'ascension de la gare à la ville pouvait se faire sans le secours de la crémaillère, par simple adhérence et de plus on reconnut que la consommation de courant était beaucoup moins élevée qu'en utilisant la crémaillère.

C'est la Compagnie du Nord qui fournit l'énergie électrique nécessaire à la propulsion des voitures. Elle dispose à cet effet d'une usine comportant deux machines verticales, du type Corliss à condensation, accouplées directement à deux dynamos génératrices. La puissance des machines à vapeur est de 300 *ch* à la vitesse de 160 tours par minute; les dynamos peuvent fournir chacune 1 200 ampères sous une tension de 120 volts. Deux groupes de survolteurs ont été installés pour amener à 500 volts la tension du courant nécessaire au tramway.

En temps ordinaire un seul groupe est utilisé, l'autre servant de réserve.

La ligne du trolley se compose d'un fil de cuivre de 8,25 *mm* de diamètre supportée par des poteaux en fer à console.

La voie a 1 *m* de largeur. Les voitures peuvent contenir 26 personnes assises dont 9 en première classe et 17 en seconde classe; les plates-formes d'avant et d'arrière peuvent, en outre, recevoir un grand nombre de voyageurs; une place spéciale est aménagée dans chaque voiture pour les bagages et les messageries.

Chaque voiture est équipée de deux moteurs avec induit à 4 tours de fil par bobine; leur puissance est de 42 *ch* effectifs.

La mise en exploitation régulière a eu lieu le 9 juillet dernier. Le service est assuré par deux voitures, une troisième étant en réserve, qui effectuent, par jour, 32 voyages dans chaque sens.

La durée du trajet est de 7 minutes y compris l'arrêt intermédiaire de Vaux.

Les démarrages aux stations exigent 60 à 80 ampères sous 500 volts, soit 30 à 40 kilowatts. Ils se font avec les moteurs en série, mais ceux-ci sont immédiatement après mis en parallèle.

Dans la montée rapide qui se fait par simple adhérence, sans le secours de la crémaillère, la consommation est de 160 à 180 ampères sous 500 volts, soit une puissance de 80 à 90 kilowatts ou 108 à 122 *ch*.

La consommation journalière pour un service commençant à 6 heures du matin et finissant à minuit et demi est en moyenne de 450 kilowatts-heure ce qui représente environ 9 à 10 kilowats-heure pour chaque voyage aller et retour.

La dépense de premier établissement, y compris les transformateurs du courant, a été de 445 000 *f*. G. B.

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et les Informations Techniques :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ie SECTION

Distributions d'eau, par G. Dariès, conducteur au Service des Eaux de Paris. — Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics. — Ve Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins.

Le volume que vient de publier M. G. Dariès, intitulé *Distributions d'eau*, fait partie des ouvrages édités par la maison Dunod sous le nom de « Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics », dont le programme consiste à mettre à la disposition des praticiens l'ensemble des connaissances qui leur sont indispensables pour l'exercice quotidien de leur profession.

Il se divise en treize chapitres dont nous allons donner une analyse rapide.

Après un chapitre de généralités sur le régime des pluies, l'auteur donne les caractères des eaux potables et leur examen analytique complet.

Dans le troisième chapitre, il traite spécialement des eaux souterraines, du régime hydrologique des terrains, des sources, en particulier celles de la Dhuis, de la Vanne, de l'Avre et du Lunain ainsi que des puits ordinaires, des galeries filtrantes et des puits artésiens.

Dans le quatrième, il s'occupe de la consommation de l'eau pour le service privé, le service public et le service industriel : il donne, à titre d'exemple, le calcul de la consommation d'eau d'une ville.

Le chapitre V résume les travaux à exécuter pour le puisage et la captation des eaux.

Le chapitre VI, un des plus importants du volume, traite de l'adduction de l'eau de source au réservoir de distribution par conduites forcées, par aqueducs couverts ou par canaux découverts. Pour les conduites forcées, l'auteur donne en abaque la formule de M. Flamant. Il établit le calcul des aqueducs couverts et donne les principes de leur construction.

Le chapitre VII s'occupe de la purification des eaux par décantation, par filtrage, par ébullition, par traitement chimique; mais, il ne parle pas des nouveaux procédés d'épuration par l'électricité dont nous aurions désiré y trouver la description, en raison de l'intérêt qu'ils présentent aussi bien pour les hygiénistes que pour les ingénieurs électriciens et hydrauliciens.

Nous signalerons simplement le chapitre VIII, qui traite des machines élévatoires et a pour but de résumer des exemples d'installations déjà connues. Il en est de même du chapitre suivant qui traite des réservoirs.

Dans le chapitre X, on trouvera une série de renseignements intéressants et bien présentés sur le calcul et l'exécution des réseaux de distributions; ce chapitre est très utilement documenté par des extraits

de devis et de bordereau de prix ; il se termine par l'examen détaillé des différents types de robinets.

Le chapitre XI est relatif aux appareils publics et au service dans la maison. Il n'y a rien de particulier à signaler dans la partie consacrée aux appareils publics; mais nous avons lu avec intérêt les détails assez complets donnés pour l'installation d'un service d'eau dans les maisons. Nous ferons cependant une légère critique : dans la série des compteurs qui sont décrits, l'auteur ne fait que mentionner certains types, en indiquant qu'ils ne sont pas encore entrés dans la pratique. Si cette dernière observation est exacte en ce qui concerne la ville de Paris, elle ne l'est pas pour d'autres villes qui emploient avec succès certains de ces compteurs simplement énumérés : nous pensons qu'il eût été intéressant de les voir décrits également.

Le livre se termine par une série de renseignements sur l'entretien et l'exploitation des canalisations, sur la vente de l'eau par abonnement à la jauge et par compteur. Il reproduit enfin en annexes le projet de réservoir d'eau en maçonnerie pour la ville de Vierzon ainsi que les devis et cahier des charges appliqués par le service des eaux de Paris.

Ainsi que nous venons de le constater, à part les quelques lacunes que nous avons signalées, l'ouvrage de M. Dariès est très documenté; il renferme, en ce qui concerne les distributions d'eau tous les renseignements techniques qui intéressent les praticiens.

E. Hubou.

Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir, exécutées à Dijon de 1886 à 1895, par H. Bazin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées (1).

Le savant Ingénieur, M. Bazin, après d'autres travaux réputés, a entrepris d'élucider l'une des questions les plus complexes de l'hydraulique, celle de l'écoulement de l'eau en déversoir. Il l'a fait avec l'appui du Ministère des Travaux publics et a consacré dix années consécutives à des expériences variées et nombreuses, propres à déterminer les conditions et les formes de cet écoulement.

Le livre qu'a reçu la Société contient les résultats déjà publiés dans les *Annales des Ponts et Chaussées* en plusieurs articles de 1888 à 1898, mais l'auteur les a condensés et coordonnés, afin de présenter dans un tableau d'ensemble le classement rationnel des faits recueillis et les conclusions qui en découlent.

Ce laborieux travail met en évidence deux points principaux. Le premier est la distinction à faire entre les différentes espèces de nappes qui se produisent sur les déversoirs. On les a, jusqu'à présent, trop souvent confondues, à tort, car dit l'auteur: « Les nappes fluides peuvent prendre » sur un déversoir plusieurs formes distinctes, qui constituent en réalité » des modes d'écoulements différents... On peut, en effet, obtenir sur » un déversoir, et pour une même charge, des débits très différents suivant la forme de la nappe. »

Le second point est l'influence, sur le débit, de la pression de l'eau

(1) 1 vol. grand in-8°, 75 fig. et pl. V° Ch. Dunod, éditeur. Paris, 1895.

qui reste enfermée, au-dessous de la nappe, sans participer au mouvement de translation de la veine liquide, lorsque la face inférieure de la nappe n'est pas en libre communication avec l'atmosphère.

Les conséquences très variables de ces deux éléments sont démontrées, grâce aux opérations spéciales de dragage, qui ont été pratiquées au cours des recherches.

Il fallait, pour caractériser les divers résultats, prendre pour terme de comparaison un cas simple, facile à définir, offrant le phénomène du déversement suivant une loi à peu près constante. M. Bazin a pris pour type l'écoulement d'une nappe sur un seuil en mince paroi, la surface inférieure restant soumise à la pression atmosphérique. Dans ce cas, la forme de la nappe est indépendante de la charge du déversoir et les divers profils correspondants à différentes charges affectent des courbes semblables ou à fort peu près. C'est à ce type qu'ont été rapportés tous ceux qui ont été étudiés, et les coefficients propres à ceux-ci ont été déterminés en faisant passer un même volume d'eau sur le déversoir étalon et sur celui mis en expérience. Le simple rapport des charges correspondantes fournit ainsi des séries de coefficients entièrement comparables.

Tel est le thème des deux cent et quelques expériences réalisées : dix-neuf chapitres sont employés à en consigner les résultats, après avoir défini, tout d'abord, les différentes espèces de nappes (ch. I) et décrit les procédés d'expérimentation et de tarage adoptés (ch. II).

L'écoulement *en mince paroi*, des nappes libres, de celles déprimées et noyées en dessous et des nappes adhérentes, comporte trois chapitres (ch. III, IV, V). Les *déversoirs à poutrelles* sont étudiés ensuite (ch. VI et VII) ainsi que les phénomènes très compliqués qu'amène la substitution, à la mince paroi, d'un seuil d'une certaine largeur. La nappe peut rester appliquée sur la face supérieure, ou s'en détacher à partir de l'arête d'amont; dès lors, tous les coefficients applicables à ces déversoirs se dédoublent pour ainsi dire et, d'autre part, le détachement de la nappe ne correspond pas à une charge invariable.

L'importance de ces constatations se devine puisqu'elles doivent influer sur le degré de certitude à accorder aux jaugeages effectués avec des déversoirs à poutrelles.

D'autres profils très divers de déversoirs, avec talus inclinés vers l'amont ou vers l'aval, crêtes plus ou moins larges, seuils arrondis, etc., ont été examinés également (ch. VIII, IX, X) et ont fourni des résultats très variés, d'où il n'a pas paru possible de déduire une formule générale.

Les expériences relatées aux deux chapitres suivants (ch. XI et XII) se rapportent aux *déversoirs noyés* par l'effet d'une retenue d'aval s'élevant au-dessus du seuil. Il a été possible d'établir, pour ce genre d'écoulements, dans le cas de déversoir en mince paroi, des formules exprimant le coefficient de débit en fonction des deux niveaux d'amont et d'aval; mais on n'a pas pu le faire pour les cas plus complexes de déversoirs à seuil large et à talus, les résultats étant plus variés encore que pour les nappes sans retenue à l'aval.

Une étude spéciale est consacrée à la *forme des nappes* (ch. XIII et XIV), de même qu'à la répartition des pressions et des vitesses dans l'intérieur des nappes déversantes (ch. XV, XVI, XVII).

Dans cette dernière étude, l'auteur constate, par la discussion des résultats, que les relations qui existent entre la pression sous les nappes et la valeur du coefficient de débit s'expriment par des formules assez simples; ces formules sont même, dit-il, plus générales que celles que l'on pourrait établir entre ce coefficient et les données géométriques de l'écoulement (charge, hauteur du déversoir, etc.) et l'importance de cette question lui paraît telle qu'il complète son propre exposé par un aperçu des recherches théoriques très concordantes de M. Boussinesq sur le même sujet (ch. XVIII).

Enfin, quelques considérations générales sur l'emploi des déversoirs comme moyen de jaugeage forment la matière du dernier chapitre (ch. XIX).

Dans un domaine aussi vaste il reste encore à faire, car l'éminent Ingénieur fait remarquer qu'il n'a observé que des nappes sans contraction latérale, et que l'effet de cette contraction, lorsqu'elle existe, n'est pas négligeable surtout quand la hauteur de la charge est une fraction notable de la largeur du déversoir.

Mais que de notions nouvelles sont acquises, ou mieux définies au cours de ce remarquable travail! et quel grand service est ainsi rendu à la science de l'hydraulique! Il faut féliciter l'auteur d'avoir poursuivi ces recherches avec une méthode aussi rationnelle et d'avoir obtenu avec l'aide de ses collaborateurs des résultats aussi concluants.

Ed. Badois.

IVe SECTION

Notes et Formules de l'Ingénieur (1), par un Comité d'Ingénieurs sous la direction de MM. Ch. Vigreux et Ch. Milandre.

La 12e édition de ce recueil, qui fait partie de la Bibliothèque technique, vient d'être publiée après la refonte de certains chapitres spéciaux en vue de les maintenir à la hauteur des progrès incessants de la science et de la mécanique.

Les auteurs, partant de ce principe que l'étude de la mécanique peut s'envisager aux trois points de vue suivants :

1° Étude purement scientifique.

2° Etude purement pratique.

3° Application des principes scientifiques à un but pratique;

ont divisé cet ouvrage de telle sorte que chacun des chapitres a pour objet de rappeler brièvement au lecteur les théories générales, qui lui sont ainsi remises en mémoire sans difficultés ni recherches.

Les exposés succincts des lois fondamentales de la mécanique sont suivis des formules théoriques qui en dérivent et dont l'emploi, lorsque l'application devient trop ardue, est facilité par de nombreux exemples.

De plus, dans chaque partie de l'ouvrage, à côté des résultats fournis par la théorie exclusivement, se trouvent les résultats donnés par les études pratiques les plus rationnelles et les plus récentes.

(1) Un volume in-16 de 1 500 pages avec 1 130 figures. E. Bernard et Cie, éditeurs.

Enfin un vocabulaire technique en trois langues, français, anglais et allemand, facilite les recherches et traductions dans les publications étrangères.

Cet aide-mémoire renferme un très grand nombre de renseignements des plus utiles et intéressant l'industrie moderne.

Vᵉ SECTION

Le Volta, annuaire de renseignements sur l'électricité et les industries annexes, par M. C. Grollet (1).

Le but de cette publication est, ainsi que l'indique l'auteur dans sa préface, de réunir, en un volume maniable et facile à consulter, les renseignements techniques, statistiques, industriels et commerciaux, de façon à mettre sous la main du lecteur, pour une industrie donnée :

La formule dont il a besoin, le principe de l'appareil qui est le sujet de ses recherches, les grandes lignes du projet qu'il a à calculer, etc. : (Renseignements techniques);

L'indication des publications nouvelles (ouvrages, communications diverses), qui traitent de l'étude entreprise, les tarifs des douanes français et étrangers, les tarifs d'octroi, les mouvements du commerce intérieur et extérieur y ayant trait etc. : (Renseignements statistiques);

Les noms et adresses des industriels de France et de l'Étranger qui construisent, fabriquent la matière, l'outil, l'appareil, la machine, ainsi que les noms et adresses des négociants qui les vendent : (Renseignements commerciaux).

Cet ouvrage est divisé en quatre livres :

Dans le premier figurent les sciences et industries annexes de l'industrie électrique (18 parties);

Dans le deuxième, l'Industrie électrique (4 parties);

Dans le troisième, les Renseignements divers;

Dans le quatrième, les Tables au nombre de quatre, savoir :

Table analytique des matières;

Table des figures;

Table alphabétique des noms propres;

Table alphabétique des matières.

La disposition des chapitres et titres divers facilite les recherches et cet ouvrage contient, dès cette année, une énorme quantité de renseignements utiles.

L'intention des auteurs est de tenir chaque édition annuelle à la hauteur des progrès et faits nouveaux. C'est là un programme vaste, mais utile, et cet ouvrage est certainement appelé à rendre de grands services.

(1) 1 volume grand in-8° de 2746 pages et 802 figures. Société fermière des annuaires, éditeur, 53, rue Lafayette.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 21632-10-99. — (Encre Lorilleux).

Bois Nor

la Varenne

cembre 1895 n Juin 1893

Courant d'eau

Direction du C

Détail d

Développe

Terre

Juin 1894

Est.

silex

Marne

Horizontale à 144m au dessus du niv de la mer

Cotes du terrain naturel

Fond de la fouille

Distance entre les profils

Source

de

s érosées

Beaulieu

Marcelles, sources lesieur 2.

Source du Chêne 1

Source de Poélay 1

Source du Breuil

Diaclases

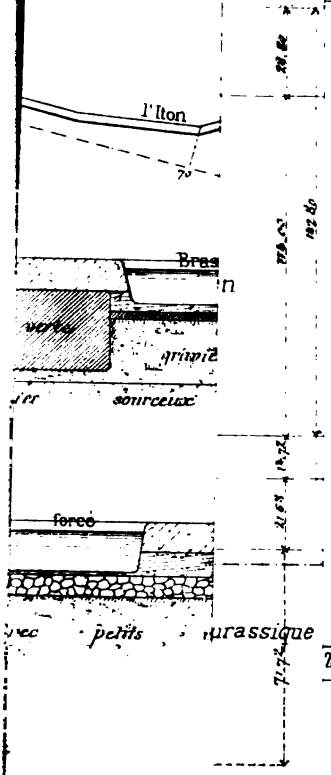
Diaclases

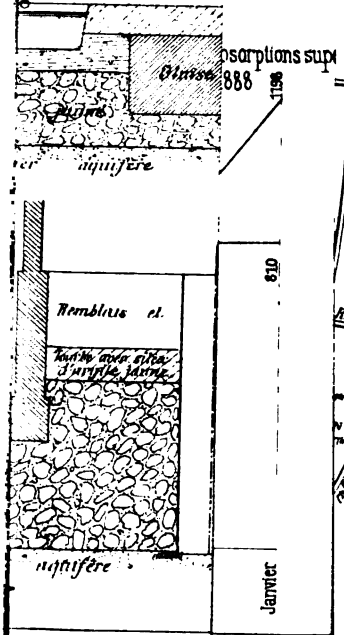
L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

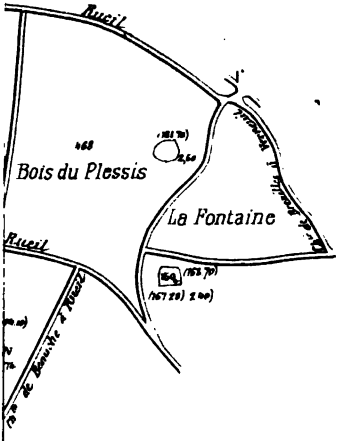
la vallée d'Avre de Souvig
ce des bords rault

perficie et Profondeur
es Mardelles
Commune de Rueil

	Superficie d'après le cadastre	Diamètre	Profondeur	Cube de l'entonnoir
1	230mq	15,00	6.24	788m³
1	150	12.00	2.49	287
1	200	14.00	4.27	331
1	650	24.00	5 88	1557
1	600	24.00	7.00	762
1	700	26.00	3.53	797
1	430	20.00	3.18	728
1	320	18.00	5.70	1340
1	156	12.00	3.98	218
1	240	15.00	2.00	268
1	250	16,00	1 20	206
1	130	11.00	1.74	120
1	1330	24.00	8.60	1772
1		20.00	6.00	985
1	450	20.00	4 28	854
1	580	26.00	4 09	1540
1	560	26.00	7 27	2890
1	450	22.00	7 21	1310
1	450	22.00	7.21	1310
1	480	22.00	5.00	1170
1	480	22.00	5.00	1170
1	25	2.60	4 01	90
1	240	4.50	3.50	95
1	400	10.00	4.42	865
1	290	9.00	5.09	700
1	270	9.00	7 00	750
1	240	8.00	3.91	465
27				







o-imp. L Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

éries

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1883

N° 12

Pendant le mois de décembre la Société a traité les questions suivantes :

1° *Bossoyeuse* de MM. Dubois et François, note de M. Hanarte, analyse par M. A. Moreau (séance du 7 décembre, page 592).

2° *Le fer de l'acier dans les petits échantillons* (procédé pour distinguer), par M. Walrand (séance du 7 décembre, page 593).

3° *Mer Intérieure* (projet de), par M. le Commandant Roudaire, note de M. Hauet (séance du 7 décembre, page 595).

4° *Situation financière de la Société* (séance du 21 décembre, page 625).

5° *Elections des membres du bureau et du Comité* (séance du 21 décembre, page 626).

Pendant le mois de décembre la Société a reçu :

De M. René Guisan, membre de la Société, une notice sur le *Nivellement de précision de la Suisse;*

De M. Hanarte, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur le *Creusement des galeries dans les roches dures sans l'emploi des explosifs ;*

De M. Reynier, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Traction électrique par accumulateurs appliqués aux Tramscars de Paris ;*

De M. Paul Matrat, un exemplaire de son ouvrage sur l'*Avenir de l'ouvrier, travail et prévoyance, exposé des moyens de se garantir de la misère ;*

De MM. B.-A. de Vaux et E. Eich, ingénieurs, un exemplaire d'une note sur les *Fours à coke ;*

De M. J. Raganeau, un exemplaire de sa notice sur *Nos rapports politiques ;*

De la Société technique de l'industrie du gaz en France, un exemplaire du *Compte rendu de son dixième Congrès.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Brocchi, présenté par MM. Brocchi, Herscher et Somasco.
Cohen, — Cossmann, de La Boriette et A. Moreau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1883

Séance du 7 Décembre 1883.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a une observation à faire sur le procès-verbal; une faute d'impression s'est glissée dans le nom du donateur de la liste des ouvrages que la Société a reçus; on a mis M. Edmond Rey, c'est M. Edmond Roy qu'il faut lire.

Les volumes donnés à la Société par M. Roy, et qui viennent de M. Beaudemoulin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, constituent une série de documents excessivement remarquables; on y trouve des ouvrages techniques très importants, et, en particulier, un mémoire de Perronet, publié par l'Imprimerie-Nationale du Louvre en 1793, un atlas sur le canal de Briare, qui a été dressée à l'occasion d'un procès entre le duc d'Orléans et le maréchal d'Estrées, en 1739.

M. LE PRÉSIDENT croit donc devoir remercier publiquement et au nom de la Société, M. Roy, du don qu'il nous a fait et qui a une très grande valeur.

M. LE PRÉSIDENT fait part ensuite du décès de deux de nos membres: M. Prosper Closson, un de nos jeunes collègues, dont nous n'avons pas oublié l'intéressante communication du commencement de l'année; et M. W. Siemens.

Il ne peut dire aujourd'hui, le rôle considérable qu'a joué M. W. Siemens dans la métallurgie et l'électricité, en faisant la nécrologie de l'année qui est malheureusement lourde, car nous avons perdu 34 membres, il aura l'occasion de parler de M. Siemens.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité, à l'unanimité, présente, comme

membre honoraire, M. Clermont, président de l'Association des ingénieurs sortis de l'école de Gand, qui nous a reçus d'une manière très cordiale, en Belgique. Le vote sur l'admission des membres honoraires a lieu à la seconde séance qui suit la présentation ; par conséquent, il sera procédé à ce vote dans le mois de janvier.

La parole est à M. Auguste Moreau, pour nous communiquer quelques renseignements extraits de la note de M. Hanarte, relative à la *bossoyeuse* de MM. Dubois et François, sur laquelle M. Clerc a fait une communication.

M. Auguste Moreau rappelle que dans la séance du 19 octobre dernier, notre collègue, M. Clerc, présentait à la Société, dans une intéressante communication, un appareil du nom de bossoyeuse, dont il pensait voir l'usage se généraliser et qu'il signalait comme pouvant remplacer avantageusement l'emploi des explosifs dans les mines à grisou où la fréquence des explosions provient le plus souvent de l'emploi de la mine.

Cependant M. Clerc ne possédait pas de chiffres précis sur les avantages de cet appareil sous le double rapport du temps et de la dépense, et il ne put répondre à la demande de M. le Président à ce sujet. La brochure publiée par M. Hanarte et qu'a reçue la Société, paraît devoir donner les résultats demandés à ce double point de vue. Mais ces chiffres qui ne confirment pas les conclusions si favorables de M. Clerc, paraissent un peu exagérés. Voici en effet ce que dit l'auteur de la brochure.

Après avoir calculé comparativement quel est le travail dépensé et utilisé pour le creusement ordinaire au moyen des explosifs et par l'emploi de la bossoyeuse et des aiguilles-coins, d'après des expériences faites avec beaucoup de soins aux mines de l'ouest, de Mons, M. Hanarte arrive à conclure que la perforation mécanique ordinaire faite au moyen des explosifs utilise le travail développé à front de taille 6,47 fois mieux que le creusement à la bossoyeuse. De plus cette dernière exige, toutes choses égales d'ailleurs, 15 fois plus de temps que les explosifs, et son prix de revient ressort à 0 fr. 50 du mètre courant d'avancement de galerie, tandis qu'autrement le mètre courant creusé 15 fois plus rapidement ne coûte que 0 fr. 135.

M. Hanarte en profite d'ailleurs pour rejeter un certain nombre de moyens pratiques proposés, comme l'emploi des cartouches de chaux caustique et anhydre, des cartouches hydrauliques et des cartouches d'air comprimé à haute tension. Il croit tous ces procédés peut-être suffisants pour l'abatage de la houille, mais impuissants dans le travail des roches.

Il ne pense pas non plus, cependant que les explosifs réalisent le dernier mot du progrès dans ce genre de travail et croit que les moyens mécaniques les dépasseront un jour. Mais ce ne seront pas les outils à percussion à cause de leur faible rendement ; l'avenir est aux machines excavatrices à rotation continue, comme celle du colonel Beaumont, par exemple.

M. Auguste Moreau termine en demandant si M. Clerc ne pourrait donner, sur la bossoyeuse, quelques nouveaux chiffres afin de rétablir ceux de M. Hanarte qui paraissent un peu pessimistes.

M. Clerc répond qu'il est heureux de l'occasion qui lui est offerte d'insister sur la question si importante de la suppression des explosifs dans les mines à grisou et en même temps de donner des résultats et des chiffres sur le mode d'exploitation au moyen de la bossoyeuse.

Il ne lui serait du reste pas possible de discuter les chiffres donnés par M. Hanarte qui résultent d'une expérience que MM. Dubois et François n'ont pas été appelés à connaître; en revanche il citera des résultats obtenus non pas seulement à la suite d'une expérience isolée, mais d'exploitations importantes durant depuis plusieurs années.

M. Clerc cite d'abord l'exemple des charbonnages de Marihaye près Liège, qui extraient annuellement 350 à 400 mille tonnes de charbon et qui, depuis 1880 n'emploient plus d'explosifs et font toute leur exploitation au moyen de la bossoyeuse et de l'aiguille-coin, il cite des chiffres permettant d'établir la comparaison entre le travail à la poudre et le travail à la bossoyeuse.

Il donne ensuite lecture d'un extrait de la *Revue Minérale* (numéro de juin 1882) contenant également des chiffres et des résultats relatifs à l'emploi de la bossoyeuse aux mines de Blanzy.

Ces chiffres comme les précédents, sont entièrement favorables à l'emploi de la bossoyeuse.

M. Clerc termine en disant que son intention en parlant de la bossoyeuse a été surtout de faire ressortir son avantage pour la suppression de l'emploi des explosifs dans les mines à grisou sans augmenter la dépense; il considère que cette question présente un grand intérêt à un double point de vue, économique et social, elle lui a paru digne d'intéresser la Société, et, en dehors de cette question, il se défend de toute pensée de comparaison entre les différents systèmes d'explosifs et même les différents appareils de perforation.

Il est donné lecture de la note suivante de M. Walrand sur le *Procédé pour distinguer le Fer de l'Acier dans les petits échantillons.*

La distinction du fer et de l'acier est surtout difficile à établir dans les petits échantillons de fer de qualité supérieure et d'acier doux et extra-doux.

Le moyen que je vais indiquer s'applique indistinctement à toute espèce de fer et d'acier. Il est d'un emploi extrêmement simple et peut être mis en pratique au bout de peu de temps par quelqu'un qui n'aurait même pas l'habitude de voir des cassures de fer et d'acier.

Manière d'opérer : On prend un morceau de machine ou de fil tréfilé recuit d'une longueur de 25 à 30 centimètres que l'on entaille légèrement à froid à ses deux extrémités[1]. L'une des extrémités est portée au rouge

1. Les entailles sont faites à 4 ou 5 centimètres des extrémités.

sombre, en ayant soin de la chauffer lentement de façon à permettre à la température d'être bien uniforme dans toute la section de l'échantillon. Puis on laisse refroidir en tâtant de temps à autre l'échantillon avec une lime douce. Dès qu'on voit apparaître sous le coup de la lime la nuance bleue et que cette nuance se maintient, on casse vivement l'échantillon au droit de l'entaille sur le bord d'une enclume à angles vifs. L'autre extrémité est cassée à froid de la même façon.

L'aspect de ces deux cassures montre d'une façon indiscutable si le métal est du fer où de l'acier.

La température *bleue* n'est pas absolue. L'essai se fait aussi aussi bien à la température du *jaune bronze* et même du *jaune*, de sorte que l'on a tout le temps d'opérer.

En procédant de cette façon, j'ai utilisé la *propriété rouveraine* que possèdent tous les fers et aciers à la température de 325 à 400°, propriété qui permet d'obtenir des cassures que l'on ne peut pas produire à froid sur les échantillons même entaillés de fer fin ou d'acier doux.

Caractères distinctifs des cassures. — Les fers communs et les aciers durs sont très faciles à distinguer. La cassure à froid seule suffit, mais si l'on a quelques doutes l'examen de la cassure bleue les lèvera complètement.

Pour les aciers durs prenant la trempe, la chose est encore plus facile. La difficulté réelle se présente avec les aciers doux et les fers fins *non misés*. Dans ce dernier cas, la cassure à froid ne se produit presque jamais, ou si elle se produit l'examen du nerf ne montre plus rien, la cassure bleue au contraire fait ressortir la texture de chaque métal.

Fer commun misé ou non misé. — La cassure à froid montre le nerf ou le grain du fer, la cassure bleue est terne et arrachée à nerf court. (Expériences faites sur des fers n° 2 et n° 4.)

Acier dur ou mi-dur. — La cassure à froid montre un nerf court grisâtre ou le grain d'acier, la cassure bleue est brillante, lisse ou formée d'arrachements lisses. (Expériences faites sur de l'acier dur et mi-dur.)

Fer de Suède. — La cassure à froid ne se produit pas : dans celles où il y a un commencement de rupture, le nerf ne diffère pas de celui de l'acier doux. Dans la cassure bleue, au contraire, le nerf apparaît long et fibreux, mais non lisse.

Acier doux et extradoux. — La cassure à froid se produit difficilement, ou s'il y a un commencement de rupture, le nerf ressemble à celui du fer de Suède non misé. La cassure au bleu, au contraire, est lisse ou formée d'arrachements lisses.

Ces différents caractères sont très nets et peuvent être distingués au

bout de peu de temps par toute personne qui veut se donner la peine d'examiner attentivement les cassures qui lui sont soumises.

Il y a là une série d'indications qui sont intéressantes pour les questions de douane, au point de vue de l'entrée des aciers.

La Société a reçu également un volume intitulé l'*Avenir de l'ouvrier, travail et prévoyance* de M. Paul Matha. C'est un ouvrage qui a été couronné au concours Pereire, où il a obtenu le prix de 2 500 francs.

M. LE PRÉSIDENT pense que M. de Comberousse voudra bien l'examiner et nous en présenter un résumé.

L'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de M. le commandant Roudaire relative au projet de mer intérieure en Algérie. La parole est à M. Hauet qui l'a demandée à la dernière séance.

M. HAUET. J'ai à combattre deux adversaires :

M. Roudaire qui se consacre à la réalisation de cette création de mer intérieure depuis de longues années, qui semble en avoir fait le but principal de sa vie, pour laquelle il n'a épargné ni peines, ni fatigues. Il a, l'autre jour, développé devant vous, avec une foi ardente, son projet depuis l'origine jusque bien au delà de l'époque de son entier accomplissement.

Il ne m'a pas convaincu.

L'autre adversaire, qui donne au projet le prestige de son patronage, est cet homme extraordinaire dont le nom seul exerce une influence sur vos esprits, M. de Lesseps a conquis sur ses contemporains de l'univers entier une puissance de persuasion comme pouvaient en rêver, dans le passé, les fondateurs de religions nouvelles. C'est une des gloires pures et incontestées de notre siècle. Vous devez penser, comme moi-même, qu'il serait fâcheux que sa participation à une entreprise insuffisamment mûrie, vînt projeter une ombre funeste sur sa vieillesse radieuse.

L'auteur du projet de mer intérieure, comme tous les hommes dont une grande idée maîtresse s'empare sans partage, ne peut concevoir qu'un adversaire n'obéisse pas à une pensée systématiquement hostile ; aussi, n'ai-je été aucunement surpris des quelques mots amers échappés à son improvisation et que, sagement d'ailleurs, le compte rendu a atténués.

J'ai, comme vous-mêmes, écouté religieusement la communication qui nous a été faite, espérant toujours entendre un argument nouveau que ne m'auraient pas appris les écrits antérieurs, la brochure de M. Roudaire de juillet 1883, et le livre officiel d'enquête. J'ai été déçu.

J'ai attendu en vain la réfutation de toutes les raisons données contre l'exécution du projet ; il m'a paru que M. Roudaire n'opposait que l'indifférence à certaines d'entre celles dont je me suis fait l'écho, et que, par contre, il luttait vigoureusement contre telles autres que je n'avais vu se produire nulle part. De ce nombre se trouve la crainte exprimée maintes fois, paraît-il, que la submersion des chotts ne ramène la France à la période

glacière, que le vieux sol du blé et du vin ne devienne le domaine des neiges perpétuelles. Pour que M. Roudaire ait pris la peine de réfuter devant votre Société cette appréhension que, sans plus d'examen, je jugeais chimérique, il faut, me suis-je dit, qu'elle émane de quelque haute autorité en la matière. J'ai cherché et j'ai trouvé, sauf rectification, que l'auteur premier de cette objection osée est un personnage connu dans le monde des lettres, depuis 1866 sous le nom de « Le Turco. » M. Edmond About, le plus spirituel des écrivains français, est son père. Je m'étais toujours douté qu'il y avait du roman en cette affaire.

Si j'attaque passionnément le projet de mer intérieure (je ne m'en défends pas, — les âmes éteintes et les cœurs blasés seuls sont dépourvus de passion) — je n'ai jamais entendu, vous le savez, Messieurs, contester ni la portée, ni l'exactitude des travaux géodésiques et topographiques, ni l'intérêt des recherches scientifiques et historiques auxquelles s'est livré M. le commandant Roudaire. Je ne m'attarderai donc pas d'avantage à rechercher ce qu'a pu être, dans l'antiquité, la région des chotts, s'ils étaient simplement chotts, étagements de lacs ou golfe; aussi bien d'ailleurs je n'accorde qu'une confiance limitée en ces sortes de choses aux témoignages des auteurs anciens qui peuvent n'être pas toujours très véridiques. Ils ne possédaient pas, nos antiques, les moyens d'information sûrs et rapides qui n'empêchent cependant pas des hommes considérables de notre époque de commettre des erreurs de faits faciles à vérifier sans déplacement. J'en veux citer deux exemples se rapportant à la question qui nous occupe. A la page 57 du gros livre d'enquête on voit que M. de Lesseps n'attribuait que deux mètres de profondeur au canal maritime de Caronte qui en a six et que M. le colonnel Perrier ne donne à ce même canal qu'une longueur de deux kilomètres alors qu'elle est de six kilomètres de Martigues à la passe de Bouc.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, j'ai à répondre à des observations générales dont je désire faire justice.

On a souvent voulu établir une parité qui n'existe pas entre les canaux de Suez, de Panama et celui de Gabès. La question de Suez d'abord, celle de Panama ensuite, se posait sous une forme extrêmement simple ; il s'agissait d'abréger pour les navires le trajet de la route du monde. Sur ce but essentiel à obtenir, il ne pouvait y avoir contestation sérieuse. En jetant les yeux sur un globe terrestre, tous les gens de bonne foi et de bon sens pouvaient se convaincre que si le raccourci projeté existait, les navigateurs le suivraient au lieu de prendre le long tour.

Restait alors deux autres points à examiner, pouvait-on faire ce canal? On a à ce sujet discuté sur les altitudes, c'était du temps et de l'encre perdus ; il suffisait de faire ce qu'à fait M. Roudaire à Gabès, le nivellement de l'isthme. Puis on a dit qu'on n'arriverait pas à remplir les lacs amers, d'aucuns soutiennent qu'on l'a démontré mathématiquement, je dis qu'on ne l'a pas démontré scientifiquement puisque les lacs ont été remplis. On a fait simplement étalage d'une fausse science en produisant des formules

dans lesquelles on introduisait des facteurs fantaisistes pour arriver à la détermination d'un x fixé à priori par le calculateur.

Le troisième point, c'était la question de rémunération du capital. M. le commandant Roudaire nous a, à ce propos, rappelé l'opinion de lord Palmerston qui, pour venir de haut comme il l'a dit, n'en est pas moins une solennelle méprise exprimée en un langage discourtois que personne dans notre Société n'aura la faiblesse d'employer pour combattre l'exécution de la mer à laquelle M. Roudaire veut donner son nom.

De ce que lord Palmerston a émis une idée fausse au sujet de Suez, M. Roudaire tire cette conséquence que la mer intérieure se fera. Cette conclusion ne me paraît pas logiquement déduite. Il découle un tout autre enseignement de l'erreur commise, de parti pris peut être, et dans un but qu'il croyait patriotique, par l'éminent homme d'État anglais. Il n'est pas le seul d'ailleurs parmi les hommes célèbres qui n'ait pas su juger une invention, une œuvre devant marquer une étape brillante dans la marche de l'humanité. M. Thiers, Arago, Napoléon I^er^ et bien d'autres moins illustres ont nié et condamné sans appel des inventions, des découvertes qui depuis ont fait leur chemin dans le monde. Dès lors n'est-on point fondé à prétendre, comme je le fais moi-même, que lorsqu'un grand homme, si grand qu'il soit, condamne ou patronne une œuvre uniquement parce que telle est sa conviction en émettant une sentence doctrinale, mais sans l'appuyer d'arguments solides et topiques, ce grand homme peut se tromper comme se trompe M. de Lesseps en soutenant la cause de la mer intérieure.

M. de Lesseps, dont je suis le très grand admirateur, paraît être d'ailleurs, on peut le dire sans être irrespectueux, l'apôtre d'une science révélée. Il a peu de tendresse pour les ingénieurs qu'il semble considérer comme un obstacle à la réalisation des grandes œuvres. Il y a là un peu de méconnaissance, car les ingénieurs sont bien pour quelque chose dans la réussite de Suez et apporteront vraisemblablement une contribution sérieuse à l'établissement de Panama. Je trouve dans le livre d'enquête une opinion typique de M. de Lesseps à propos de la force mystérieuse de la vague que je veux citer textuellement :

C'est M. de Lesseps qui parle.

« Je dis, moi, que personne ne connaît et ne peut connaître la poussée de « la marée... Les lacs amers se sont remplis tout naturellement par l'effet « d'une cause que l'on ne comprend pas, que l'on ne connaît pas, que « Dieu seul connaît : le mouvement de la mer. »

Je reprends : dans la question de Suez (comme dans celle de Panama) le problème comportait des éléments, des facteurs connus exactement ou avec un degré d'approximation très acceptable : On s'est dit :

Les navires qui vont d'un point du globe, Londres, New-York, Marseille, Constantinople à un autre point du globe, Bombay, Pondichéry, Batavia, Melbourne n'ayant plus à doubler le Cap, économiseront par voyage, tant de jours de navigation; un même navire pourra donc faire tant de

voyages en un an alors que par le Cap il n'en peut faire que la moitié ou le tiers, la marchandise se trouvera donc dégrevée proportionnellement.

Puis on a établi, d'après les statistiques du mouvement commercial entre le vieux monde et le nouveau, entre l'Europe, l'Asie et l'Australie, le nombre de tonnes qui, passant par le canal, auraient à payer une taxe bien inférieure à l'économie réalisée par le navigateur pour qu'il ait intérêt à suivre la voie nouvelle. On arriva donc avant toutes choses, à connaître le revenu probable sur lequel on pouvait tabler comme minimum, même en ne tenant pas compte du développement commercial ultérieur.

On a chiffré alors, ce que coûterait le canal, avec l'aléa inséparable d'une entreprise de cette nature, et on a vu que le capital engagé trouverait une rémunération à un taux suffisant. Mais il ne faut pas oublier qu'on était en présence des relations commerciales de l'univers entier, venant payer son tribut comme droit de passage.

On avait donc des chiffres dont l'exactitude absolue pouvait être contestée, que chacun avait le droit de rectifier, d'augmenter, de diminuer en apportant ses preuves à l'appui, ce qu'a omis de faire Lord Palmerston, dans le discours auquel appartient la citation devenue classique pour la plus grande confusion de l'orgueil humain et la consolation des inventeurs méconnus.

A-t-on et peut-on procéder de la sorte pour Gabès? où sont les chiffres? Je n'en vois aucun, tout est conjectural, hypothétique, œuvre de poète. — On fait la pluie et le beau temps, — on donne une route nouvelle aux caravanes, qui, d'après M. le général Gresley, qui connaît le pays, n'ont d'autre commerce que la traite des noirs, — on crée un jardin des Hespérides. — Tout cela est très beau mais insuffisant.

On a dit, prétend M. Roudaire, qu'il fallait songer à la France avant de de s'occuper de l'Algérie.

L'adversaire ignoré de la mer intérieure qui a dit cela a dit une énormité qui ne mérite pas les honneurs de la discussion devant vous qui vous intéressez à l'Algérie. Ceux qui suivent les travaux de notre Société savent qu'elle n'est pas étrangère à ce qui se passe chez nos compatriotes d'outre-Méditerranée. Il n'est pas nécessaire que je rappelle à ce sujet, la très complète communication de M. Richard sur l'état général de notre belle colonie, ni celle toute récente, pleine de chiffres intéressants de M. Fousset sur les chemins de fer et la discussion qui en a été la conséquence. Nous sommes très au courant de ce qui se fait en Algérie, non seulement depuis dix ans, mais depuis la conquête, et aucun de nous ne se figure qu'elle est restée stationnaire.

M. le commandant Roudaire a cru devoir citer en terminant une phrase d'un discours de M. Tirman, phrase bien venue, sonore, mais que je ne saurais considérer comme un argument ni pour ni contre la mer intérieure.

J'ai dit, et M. Roudaire n'a pas du tout ébranlé ma conviction :

La mer intérieure coûtera très cher;

La mer intérieure ne répondra nullement aux espérances que fait concevoir le projet ;

La mer intérieure ne rémunérera pas le capital engagé, et c'est pour cela qu'elle ne se fera pas, qu'on ne doit pas la faire et que le gouvernement ne doit, en aucune façon, encourager son exécution ;

C'est ce que je vais démontrer.

Que coûtera la mer intérieure, ou, pour être plus précis, quel est le chiffre du capital à engager ?

La commission officielle composée comme l'on sait, a répondu : 1,300,000,000 de francs.

Dans ma précédente communication, ne donnant que des chiffres ronds pour mieux fixer les idées, j'ai dit : 1 milliard.

M. Roudaire ne nous a pas donné un chiffre total, mais dans sa brochure de juillet il indique 177 millions puis 150 millions, il avait dit d'abord, je crois, 80 millions.

La vérité, c'est qu'il est difficile de faire, dans l'état actuel de la question, une estimation exacte à un degré d'approximation de 100 millions près.

M. Roudaire étaye le chiffre de 150 millions de l'opinion de M. Lion, directeur de la société le « Matériel de l'entreprise, » de M. Gaillot, président de ladite société et de M. Gellerat qui y remplit les fonctions d'administrateur. Cette trinité de gens très entendus et fort honorables, sans doute, ne représente en réalité qu'une seule et même opinion concluant que le déblai dans le terrain ordinaire ne coûtera que 0 fr. 50 le mètre cube. Entrepreneurs prudents et avisés ces messieurs, très probablement, n'entreprendraient pas ferme pour 500,000 francs de travaux à 200 kilomètres de Paris sans avoir visité les terrains très en détail, mais pour 150 millions ils n'ont pas hésité, sur le vu d'échantillons de sondages rapportés à Paris, à s'engager à exécuter les déblais au prix de 0 fr. 50. Il est vrai que M. Gaillot consent ce prix « *sous réserve* du prix à établir pour « les terrains de rocher et qui ne pourraient pas s'extraire au moyen de « l'excavateur » et que M. Gellerat écrit « qu'il n'hésiterait pas à se charger « de l'exécution des travaux, si les moyens pécuniaires étaient créés. »

Les membres de la commission officielle parmi lesquels sont MM. Rousseau, Cuvinot, Carnot, Chatoney, Chambrelent, Lalanne, Lavalley, Molinos assez connus de vous pour que je ne rappelle pas leurs titres, ont dit que le prix des déblais pourrait s'élever à 1 franc. Ces ingénieurs, qui ont pris part à tous les grands travaux exécutés, soit en France, soit à l'étranger, savent que, même en face d'un projet définitif très complet, très étudié, avec de très nombreux profils en travers, de nombreux sondages par puits (ce qui n'est pas le cas dans l'espèce) et quelque soin qu'on prenne dans l'estimation, il y a des choses qu'on oublie, ont ajouté une somme pour l'imprévu, puis, comme toujours aussi, ils ont porté une somme à valoir. Ils se sont dit, non sans raison, qu'un travail de cette importance nécessiterait une administration, tout un haut personnel ; et ils ont augmenté le total obtenu de 5 p. 100 pour frais généraux, et comme ils savent que lorsqu'une compagnie

demande de l'argent au public, elle paye sur ce même argent, à ce même public l'intérêt jusqu'à la mise en valeur de l'affaire qui, si bonne qu'elle soit, met toujours un certain temps à produire, ils ont encore compté 5 p. 100 du capital par an, pendant l'exécution des travaux et le remplissage des chotts.

M. Roudaire, lui, ne s'inquiète point de ces menus détails, son prix de 0 fr. 50 comprend tout, encore ne l'applique-t-il qu'à une portion du cube; pour le reste, les eaux de la Méditerranée en se rendant dans les chotts se chargeront du transport du déblai sur 200 kilomètres de distance moyenne; et, ce qui me paraît très hardi de conception, du régalage régulier au fond des chotts; c'est-à-dire que les choses devront se passer comme dans un bassin de décantation.

Entre l'opinion des ingénieurs que je viens de citer et celle de l'auteur du projet et de ses partisans, il y a de la marge et chacun peut choisir un chiffre selon sa fantaisie.

Quant à moi, je crois que pour arriver à la détermination intégrale du capital, il est encore quelques objets de dépenses dont il serait bon de tenir compte. Ainsi, on a admis que des talus de tranchée, de 50 mètres de hauteur n'avaient pas besoin de banquettes; qu'ils n'avaient pas besoin de travaux de consolidation. Ceux qui ont exécuté des ouvrages de terrassements en Algérie savent pour quelle part considérable ces travaux accessoires entrent dans les comptes de règlement définitifs.

Peut-être aussi ne serait-il pas superflu de s'inquiéter de la dépense que nécessiteront autour de cette mer les ports d'embarquement, les phares, les quais, les routes, les conduites d'eau pour l'alimentation, etc., etc. Il faudra bien aussi, sans doute, indemniser les Arabes dont on prendra les terrains pour les donner à la Compagnie, ceux aussi dont on gênera la culture des palmiers, les oasis qu'on inondera. Tout cela coûtera combien? Je n'en sais rien, ni l'auteur du projet, je pense, ni la commission, ni personne, je le crains.

Et le drainage du chott Djerid, cette nappe de sel au-dessous de laquelle se trouve un abîme de vase qui, desséché, doit constituer un limon fertile, ce drainage nécessitera des canaux secondaires, des branchements venant se déverser dans le canal de la mer qui doit servir d'exutoire collecteur.

500,000 hectares, à drainer cela devra coûter cher, si je considère que la Sebka d'Oran qui est à proximité d'une ville de 50,000 habitants, qui a une superficie de 50,000 hectares est jusqu'à ce jour restée à peu près improductive à cause de la disproportion entre l'argent à dépenser et celui à en retirer.

Est-ce tout? Non, il est encore un autre chapitre de dépenses dont on me semble faire trop bon marché, c'est celles résultant du prix de l'argent. Pour avoir un capital, il faut des frais énormes de publicité, des primes d'émission, des articles dans la Presse. Les grands établissements de crédit encore debout à l'heure présente pourraient dire à combien pour cent se montent ces frais. Il y a aussi les parts de ceux qui auront poussé l'affaire. Si la matière n'était point si délicate et de nature à donner lieu à

des polémiques irritantes, je citerais à ce sujet des chiffres et des noms de sociétés et de celles qui paraissent et sont les plus solides.

Il m'importe peu de déterminer le chiffre du capital nécessaire. Quel qu'il soit 200 millions ou un milliard avant plusieurs siècles d'ici on sera dans l'impossibilité absolue de lui servir un intérêt quelconque, car il ne suffira pas que tous les travaux soient faits et parfaits, il faudra encore les entretenir en bon état.

Toute l'affaire repose sur cette supposition bénévole que le remplissage des chotts changera le climat de la région qui deviendra immédiatement cultivable, cultivée, fertile et productive. Pourquoi le climat subira-t-il cette transformation. On en donne deux raisons : l'une empirique, l'autre ayant un semblant scientifique. On s'appuie sur cette croyance populaire que là où il y a de l'eau il y a de la pluie, ce qui est absolument inexact. Puis on dit: On a constaté que le percement de l'isthme de Suez fait qu'il pleut au Caire et la preuve en est qu'on est obligé de faire couvrir les maisons en tuiles; j'aimerais mieux des observations météorologiques, d'autant plus qu'avant le canal il pleuvait quelquefois au Caire, puisque M. Renou a rappelé qu'en 1249 de l'Hégire (1843), la pluie a été tellement abondante que le Caire a été en partie détruit.

On constate en outre qu'il y a des traces de végétation là où le sol était auparavant absolument dénudé. Cette végétation quelle est-elle ? Quelles étendues de terrains ont été conquises à l'agriculture depuis vingt ans que le canal est ouvert à la circulation ? Voilà ce qu'il serait intéressant de savoir et que je n'ai trouvé nulle part. Je ferai remarquer en passant d'ailleurs que la végétation sans culture préalable est due à des causes très complexes dont il est difficile, sinon impossible de déterminer la dominante. Ainsi le sol caillouteux de la grande plaine de la Crau d'Arles sur le bord de la Méditerranée, ne voit pousser qu'une herbe maigre et rare sans un arbre, sans le moindre arbuste, tandis qu'en plein Paris, à travers les fissures de l'asphalte et des dalles des ruines de la Cour des comptes, il a suffi de dix années d'abandon pour qu'une forêt d'arbres de toutes essences naissent et croissent avec une fécondité surprenante.

Peut-on d'ailleurs raisonnablement croire que le remplissage des chotts fera changer la face de l'Algérie. Pleut-il sur les rives desséchées de la mer Rouge, pleut-il à Aden sur le bord de la mer ?

M. Roudaire estime au chiffre maximum de 28 millions de mètres cubes d'eau l'évaporation *journalière* de la mer intérieure qui, s'élevant dans l'atmosphère se hâteront de former des nuages et viendront se condenser sur l'Aurès.

Il a été observé que sur 180 jours les vents qu'on croit favorables à cette condensation immédiate soufflent 130 jours; on peut en conclure que sur l'année entière ils souffleront pendant 260 jours.

La Compagnie demande la concession d'un domaine de 2,500,000 hectares.

Si je suppose que les 28,000,000 de mètres cubes se formeront tous les

jours en nuage sur le domaine de la Compagnie pour retomber en entier sur ce même domaine et pas ailleurs, cela fera 1 millimètre 10 par jour et pour les 260 jours, 29 centimètres, en supposant que pas un nuage ne s'égare.

Si l'on ajoute ces 29 centimètres aux 27 ou 28 qui tombent à Biskra, on trouve un maximum de 57 centimètres tombant sur le domaine de la Compagnie profitant seule du bienfait de la mer intérieure.

Si maintenant je prends un relevé des hauteurs d'eau tombées à Philippeville de 1864 à 1879, je vois que la moyenne, pendant cette période, a été de 82 centimètres, et je remarque qu'en 1866, il n'en est tombé que 44 centimètres et qu'il y a eu une famine affreuse en Algérie, j'y étais; qu'en 1878, il n'en est tombé que 49 centimètres et que la disette a été grande, en 1877, il en est tombé 113 centimètres et en 1879, 92 centimètres.

La moyenne des bonnes années serait 88 centimètres.

Donc même en faisant l'invraisemblable hypothèse ci-dessus, non seulement l'Algérie n'aurait rien, mais le domaine de M. Roudaire n'aurait pas assez de pluie pour assurer sa prospérité. M. Roudaire est donc peu autorisé à dire que les sources tarissant actuellement dans la province d'Oran (j'aurais désiré une indication plus précise) à l'autre extrémité de l'Algérie, la mer intérieure leur restituera ce qu'elles ont perdu par une cause qu'on ne connaît pas, aucune mer intérieure n'ayant été desséchée dans ces parages.

Dans l'état actuel des connaissances météorologiques, peut-on dire que des nuages se formeront en tel point pour retomber en tel endroit? Non.

Mais avant d'abandonner ce chapitre, je ne crois pouvoir mieux faire que de citer ce qui a été dit dans l'enquête par M. Willet, conseiller-maître à la Cour des comptes.

M. Roudaire parle du changement de climat comme point de départ nécessaire d'une mise en culture. Il a exprimé la pensée, que, du moment que l'eau arriverait dans les chotts le climat se modifierait, les pluies deviendraient abondantes, etc. En effet, si ces circonstances se produisaient, je crois que la mise en culture des terres avoisinant la mer intérieure, deviendrait possible; mais peut-on compter sur cette modification, sur le retour à un état de choses qui existait, à n'en pas douter, du temps des Romains? Je crois qu'il ne faut pas se faire d'illusions à cet égard. Lorsqu'on a parlé pour la première fois du projet de M. Roudaire, j'ai prié le gouvernement tunisien de vouloir bien faire rechercher s'il n'existait pas dans les bibliothèques des mosquées, des renseignements historiques sur cette région; on a trouvé un vieux manuscrit contenant un récit duquel il résulte, qu'au commencement de l'occupation arabe, le climat était relativement tempéré. Des fleuves et des rivières y coulaient, les terres étaient cultivées. Mais à cette époque dit le narrateur arabe, *un homme à cheval allait à l'ombre depuis Tripoli jusqu'à Alger ce qui veut dire que tout le pays était boisé.* Voilà précisément ce qui explique le changement de climat; depuis, le sol s'est trouvé déboisé par le fait de l'occupation musulmane; les rivières se sont taries et l'aridité ne s'est pas limitée en Tunisie, mais s'est étendue jusqu'en Perse.

Du reste, en Tunisie, il existe une contrée qui permet de constater l'exactitude de ces déductions, c'est le pays des Kroumirs. J'ai traversé ce pays; toute une partie est couverte de fôrets superbes, sillonnées de ravins très profonds, au pied desquels coulent des ruisseaux qui se réunissent et viennent aboutir à l'oued Tabarca. Mais lorsqu'on arrive à la partie du pays qui a été déboisée, bien qu'elle se trouve à la même latitude, à la même distance de la mer, exposée par conséquent à l'influence même des vents humides, en un mot dans les mêmes conditions à tous égards, sauf au point de vue forestier, on ne rencontre plus d'eau, le sol est nu; il n'y a rien. Dans ces circonstances, étant données les montagnes du sud qui sont absolument déboisées, je ne pense pas que l'on puisse admettre que la simple évaporation de la mer intérieure suffise à modifier la situation de manière à permettre la mise en culture des terres.

M. Tissot, ingénieur des mines des plus distingués, qui vient d'être enlevé à l'amitié de tous ceux qui l'ont connu, répondit :

On vient de dire que dans le pays situé entre Djebel-Kroumir et le Djebel-Bolta on trouvait d'un côté des ruisseaux, tandis que, de l'autre, l'aridité était absolue, bien que la situation fût la même par rapport à la mer. Cette différence s'explique par la diversité des structures géologiques; d'un côté, en effet, il y a eu des soulèvements de couches, de sorte que les eaux pluviales s'en vont au loin; le pays des Kroumirs, au contraire, est analogue au territoire algérien, on y trouve de grandes masses de craie reposant sur une couche de schiste argileux; dans ces conditions l'eau pluviale est absorbée mais elle ne peut pas pénétrer, il faut quelle ressorte. Ainsi étant donné le même régime de pluies, dans le premier cas, le sol expédie au loin les eaux absorbées et, dans le second, il les débite sur place, les forêts sont le résultat et non la cause.

A cela, M. Willet réplique :

Je n'ai aucune compétence au sujet des mouvements géologiques dont on vient de parler. Mais, pour qu'ils détruisissent mon opinion, il faudrait qu'ils se fussent étendus des montagnes des Kroumirs jusqu'au fond de la Perse. Il est d'ailleurs, selon moi, absolument impossible de contester l'importance du rôle des forêts dans les questions de climat. Les forêts, soit en attirant les nuages et emmagasinant les eaux pluviales, soit en agissant comme condenseurs, peuvent seules faire revivre et alimenter les sources et les rivières; avec elles la mer intérieure se remplirait tout naturellement. Bien qu'en réalité elles ne soient explicitement ni le résultat ni la cause, il n'y a pas en leur absence, à compter sur une modification réelle du climat.

Mais je veux bien néanmoins admettre que le domaine deviendra cultivable et fertilisable à l'égal des riches vallons des environs de Philippeville, quel profit en retirera la Compagnie? C'est ce que je vais rechercher.

Avant je veux dire un mot seulement au sujet de la sécurité exceptionnelle dont, paraît-il, jouiront les navires sur la mer nouvelle. Je crois que, là encore, se dresse une inconnue. Sur le lac de Genève, il se produit des dénivellations de 2 mètres de hauteur par suite des différences de pressions atmosphériques; sur la mer Caspienne les vents produisent des dénivellations de 1m,50 de hauteur, ne se produira-t-il pas des phénomènes

analogues lorsque soufflera le sirocco, et la bonne réputation de la mer de Gabès n'en recevra-t-elle pas une atteinte?

On affirme que la mer africaine aura une importance considérable au point de vue militaire. S'il s'agissait d'une véritable question de stratégie ou de poliorcétique, je me trouverais fort empêché d'émettre une opinion, mais il n'est pas indispensable d'être militaire pour apprécier comment le remplissage des chotts pourra avoir la vertu d'arrêter les insurrections. Quelle influence aurait-il pu exercer, par exemple, sur les Arabes qui tentèrent de surprendre Bougie en 1873, sur ceux qui massacrèrent les colons de Palestro à quelque dizaine de kilomètres de la côte au sud d'Alger, à la même époque; comment aurait-il empêché, l'an dernier, le bandit Bou-Amena, que la vulgarité des temps a élevé à la dignité d'insurgé, de massacrer les alfatiers et d'incendier les approvisionnements d'alfa, là-bas du côté du Maroc?

Sans doute, dit-on, sur les points éloignés que vous citez, la mer ne fera guère sentir son influence politique, mais à la frontière de Tunis elle s'impose. Je laisse au général Chanzy, qui a gouverné l'Algérie, le soin de répondre :

« J'estime, dit cet homme de guerre pratique, que la mer intérieure ne serait pas pour nous un moyen de défense sérieux en Algérie.

« Les chotts sont une excellente défense, ils valent la mer intérieure. »

Cette opinion très nette du général en chef de l'armée de la Loire me dispense de toute appréciation personnelle.

Oui, mais si la mer n'a qu'une influence médiocre au point de vue militaire, elle en aurait une très grande au point de vue social, son exécution donnerait aux Arabes huit ou dix ans de travail bien rétribué, a-t-on dit à l'enquête.

C'est encore une illusion, la main-d'œuvre de terrassements profiterait surtout aux ouvriers étrangers, Italiens et Espagnols, on sait par expérience dans quelle limite restreinte l'Arabe participe aux travaux exécutés en Algérie.

J'arrive aux bénéfices de l'entreprise.

M. Roudaire ne semble pas avoir cherché à les évaluer. Pourtant, dans tout commerce, dans toute industrie, un homme qui construit, qui bâtit, qui fait des dépenses de premier établissement, qui immobilise son argent, suppute ce que cette affectation de son avoir pourra lui rapporter. Il chiffre le revenu probable, il ne se contente pas de penser : « j'aurai de très beaux bénéfices » en affaires on préfère un chiffre à un qualificatif si superlatif qu'il soit.

La mer est faite, le canal ouvert à la grande navigation commerciale et militaire, le climat modifié, le pays habitable et colonisable. L'intérêt et le dividende à donner aux actionnaires se composeront :

1° De la mise en valeur de 600,000 hectares de terrains aujourd'hui incultes;

2° Des salines aujourd'hui inexploitées ;

3° Du produit de la pêche des poissons qui émigreront de la Méditerranée et procréeront dans la mer nouvelle;

4° De l'exploitation d'une forêt de 100,000 hectares située à 30 kilomètres de la mer intérieure;

5° Du droit de péage des navires.

Essayons de placer des chiffres à la suite de chacun de ces articles :

Sous quelle forme la Compagnie compte-t-elle tirer un revenu des terrains à mettre en culture? Fondera-t-elle quelque colonie Fourriériste ou Saint-Simonienne? C'est peu probable. Mettra-t-elle en culture avec des gens à gages? Non. Louera-t-elle les terrains? Ce serait un assez pauvre système. Elle emploiera probablement le seul moyen pratique, elle les vendra au moyen de payements par annuités, le mode qui peut seul lui donner des acheteurs; mais alors elle se trouvera dans une situation d'infériorité flagrante vis-à-vis de son puissant voisin, l'État colonisant l'Algérie et concédant gratuitement des terres dans les régions où l'assainissement n'est plus en question.

Comme en ces sortes d'évaluations, il faut procéder par comparaison, examinons ce qui s'est fait en Algérie.

L'Algérie compte, d'après le recensement arrêté à la fin de 1881 :

3,300,000 habitants,

dont 234,000 Français,

190,000 étrangers (114,000 Espagnols, 54,000 Italiens),

35,000 israélites naturalisés en bloc par le décret Crémieux, et par suite 2,841,000 indigènes.

Ainsi donc, après 50 années d'occupation, après les efforts sincères, les sacrifices faits par tous les gouvernements pendant cette période sur un sol colonisable de 40 millions d'hectares, on compte 424,000 Européens, dont un peu plus de moitié sont Français; il n'est pas téméraire de penser qu'avant peu, si on n'y prend garde, le contingent étranger sera en majorité.

Un document officiel récent donne une idée de la marche du peuplement colonisateur pendant les dix dernières années qui viennent de s'écouler et nous apprend à quel prix on arrive à implanter une population sur un sol qui ne demande cependant que des bras vigoureux pour produire.

De 1872 à la fin de 1882, 8,000 familles concessionnaires se sont définitivement fixées en Algérie, elles représentent un peu moins de 30,000 personnes.

Les dépenses faites par l'État pour arriver à l'installation de ces familles se sont élevées à 2,000 francs par personne.

La superficie moyenne concédée est d'une quarantaine d'hectares, c'est ce qui, dans l'état actuel des échanges, est nécessaire à une famille pour subsister.

Un projet de 50 millions de francs va être voté ces jours-ci par les Chambres pour l'expropriation en territoire arabe, afin de doter la colonisation de nouveaux espaces de terrain, et M. le député Thomson dans un rapport très étudié écrit à ce sujet [1] :

« Le maréchal de Mac Mahon a dit en 1876, à la tribune du Sénat, que l'Algérie pourrait être peuplée un jour de 3 millions d'Européens *sans que les indigènes aient à en souffrir;* il suffit, ajoute M. Thomson, d'avoir vu en Algérie ces immenses étendues de terres fertiles, que l'incurie arabe laisse en friche pour reconnaître que cette affirmation est l'expression de la stricte réalité. »

Peut-on dès lors avancer, comme le fait M. Roudaire, que la nécessité s'impose de conquérir à grands frais à la culture les 500,000 hectares du chott Djerid?

Supposons, pour arriver à la détermination d'un chiffre, qu'en dix années on obtiendra aux environs de la mer intérieure un résultat de colonisation analogue à celui que je viens de citer. L'étendue du domaine n'est guère que le 1/16 de celui de l'Algérie colonisable, le résultat analogue devrait être considéré comme proportionnel, mais comme il est admis que les sociétés privées obtiennent des résultats bien meilleurs que l'État, je dirai que la Compagnie obtiendra quatre fois plus, soit dans la proportion de 1/4 au lieu de 1/16. On aura réussi au bout de dix ans à installer 2,000 familles sur une partie des 600,000 hectares destinés à la culture.

Quelle annuité fera-t-on payer à chacune de ces familles?

Les terrains que veut acheter l'État aux indigènes pour le projet de 50 millions seront payés en toute propriété un peu moins de 100 francs l'hectare en moyenne.

Quoique ça me paraisse une lourde charge pour une famille de cultivateurs, j'admets que l'annuité sera fixée à 12 fr. 50 pour 100 de la valeur du terrain indiqué ci-dessus; pour 40 hectares cela fera une redevance annuelle de 500 francs.

Et pour 2,000 familles : 1 million que touchera la Compagnie annuellement.

Les salines? La Compagnie les exploitera-t-elle elle-même? C'est douteux. — Créera-t-elle un marché dans l'extrême sud? Ce sera de toute nécessité [2].

Quel que soit le mode d'exploitation du chott Djerid qu'elle adoptera, il faudra qu'elle transporte son sel à Mraïer, soit 200 kilomètres à faire par eau, c'est-à-dire chargement, transport, déchargement et transbordement en wagon sur le chemin de fer de Biskra à Touggourt et Ouargla, qui sera

1. Ce projet a été repoussé par la Chambre des députés.

2. On peut avoir une idée de l'importance du commerce dans le Sud, par le fait suivant : le *Journal officiel* dans un de ses derniers numéros donne le chiffre des recettes des chemins de fer algériens, pendant le premier semestre de 1883. Cet organe dit que les 114 kilomètres de Modzbah à Mecheria sont exclusivement affectés aux transports de la guerre; et dans la colonne trafic, il n'y a que des guillemets. Il serait intéressant d'avoir le trafic militaire en hommes et en tonnes.

voté par les Chambres dans quelque semaines. Le jour où ce commerce avec l'intérieur de l'Afrique sera un fait accompli, aura pris de l'extension, ce qui demandera du temps, la Compagnie aura des concurrents redoutables ayant sur elle l'avantage de pouvoir livrer à meilleur marché, parce que, à l'heure présente, ils existent et qu'ils auront en plus l'économie de transport.

Premièrement, chez les acheteurs mêmes, la fameuse saline d'Amadghor, qui se trouve on ne peut mieux placée entre l'Algérie et Tunis, au nord, et Cachna-Cano et le cours moyen du Niger, au sud [1].

Deuxièmement, à cheval sur le chemin de fer de Constantine à Touggourt, à 200 kilomètres en deçà de Mraïer, les salines actuellement en exploitation des chotts Mzouri, Tinsitt, Ank-Djemel-el-Serir, Ank-Djemel-el-Kebir, Guerah-el-Guelif et Guerah-el-Tarf, d'une superficie de 40,000 hectares affermés à divers.

Troisièmement, dans la province d'Alger, à proximité encore du chemin de fer projeté et étudié d'Alger à Laghouat, à 150 kilomètres de ce dernier point, les salines de Zahrez Chergui et Zahrez Rarbi, d'une superficie à elles deux de 82,000 hectares.

Quatrièmement, dans la province d'Oran, les salines d'Arzew.

La Compagnie aura donc, dès avant sa mise en exploitation, et pour un courant commercial qui mettra bien dix ans à se produire, quatre régions concurrentes qui livreront le sel à meilleur compte qu'elle, puisque le prix initial du sel sera pour ainsi dire négligeable et que ce qui lui donnera sa valeur c'est le coût du transport. J'admets que la Grande Compagnie de la mer intérieure fera le commerce aussi habilement que les négociants ou les petites compagnies salinières des régions concurrentes, elle ne pourra guère prétendre qu'au 1/5 de la consommation africaine.

La France qui a des besoins multiples de sel, une cuisine que les clients africains de M. Roudaire ne connaîtront pas de sitôt, consomme annuellement 226,000 tonnes de sel.

En supposant que chaque Africain consomme 4 kilogrammes par an, (nous en consommons 5 en France) ce chiffre de 226,000 tonnes représenterait la consommation de 56 millions d'africains.

Disons que la consommation africaine sera égale à celle de la France. La compagnie Roudaire entrant pour 1/5; c'est 45,000 tonnes de sel qu'elle vendra annuellement. Quel bénéfice peut-elle prétendre de la vente d'un produit dont elle n'aura pas le monopole, dont le prix de revient ne dépasse pas 6 fr. par tonne à l'exploitant? M. Roudaire dit 12 fr. par tonne, soit au minimum 200 p. 100, j'y consens :

45,000 tonnes à 12 fr., cela donne 540,000 francs qui viennent s'ajouter au 1,000,000 ci-dessus, soit 1,540,000 francs.

Les poissons. L'exemple du lac Mensaleh peut-il être invoqué, est-ce une base sérieuse d'appréciation? Non. La Compagnie va-t-elle implanter les mœurs orientales sur les bords des chotts conquis à la civilisation

1. Lettres sur le Transsaharien, F. Abadie.

moderne, ce n'est évidemment pas son intention, elle ne louera pas sa pêche à un pacha quelconque qui fera pêcher des fellahs pour un salaire dérisoire. La Compagnie voudra que les gens qui iront peupler le pays délicieux qu'elle nous promet, soient heureux à l'égal au moins des pêcheurs de France et d'Algérie.

Si on parcourt la côte, de la Calle à Alger et à Oran, on voit combien le poisson se vend peu cher ; or le tonnage des poissons capturés augmentant rapidement de la façon prodigieuse que l'on dit, l'accroissement du nombre des consommateurs au contraire étant très lent, il y a là une cause peu favorable à l'élévation du prix du poisson et à son facile écoulement.

Il faudra donner au poisson le temps de venir de la Méditerranée dans la mer intérieure, c'est une espèce très prolifique, je le sais ; il faudra aussi un certain temps pour que les pêcheurs arrivent s'établir sur ses rives.

N'insistons pas et cherchons ce que produit la pêche ailleurs que dans le pays du bon vouloir et de l'autorité sans frein.

Martigues, la Venise provençale, sur le bord de l'étang de Berre, a une population de pêcheurs qui exercent non seulement dans l'étang de Berre, dans l'étang de Caronte et les étangs voisins, mais dans la Méditerranée. Son quartier s'étend de Saint-Louis au cap Couronne, mais le pêcheur martégau prototype du pêcheur méditerranéen, brave et aventureux, étend ses excursions de Cette à la Ciotat, sur plus de 220 kilomètres de côte.

Le poisson s'expédie par chemin de fer en Provence et dans l'intérieur de la France jusqu'à Lyon. Les consommateurs ne manquent pas ; la demande peut balancer l'offre. Ces pêcheurs sont au nombre d'environ 2,000, armant 500 bateaux divers, ils tirent des étangs et de la Méditerranée pour 2,400,000 fr. de poissons par an, ce qui représente une moyenne de 1,200 fr. par pêcheur. Sur ces 1,200 fr. [1] il faut compter l'existence de l'homme et de sa famille, les frais d'entretien et d'amortissement des bateaux, gangues, agrès, filets, etc.

Si, dix années après l'exécution de la mer intérieure, on trouve sur ses bords une population aussi nombreuse que celle de Martigues, pêchant autant de poissons, le vendant aussi cher aux consommateurs africains, ne sera-ce pas un résultat splendide ? Sans doute.

Le bénéfice d'une affaire reposant en réalité sur le prélèvement opéré directement ou indirectement sur le travail produit par l'ouvrier, quelle dîme M. Roudaire prélèvera-t-il sur ces intéressants travailleurs de la mer. combien rognera-t-il sur le budget que je viens d'établir pour payer à ses actionnaires l'intérêt qui leur est légitimement dû ?

Les affaires sont les affaires, mettons que chaque pêcheur produira 200 fr. à la société.

2,000 × 200 = 400,000 francs qui ajoutés à 1,540,000 francs ci-dessus font 1,940,000 francs.

1. A Port-Vendres, 1500 pêcheurs, 470 bateaux, 1,654,000 francs ;
   A Agde, 750 pêcheurs, 270 bateaux, 430,000 francs ;
   A Narbonne, 970 pêcheurs, 360 bateaux, 460,000 francs.

Oui, mais il y a encore les bénéfices qu'on fera sur les salaisons. Eh bien, non, il faut renoncer à cet espoir, il ne suffit pas pour faire des conserves de poissons, d'avoir du poisson et du sel. Vous vous heurtez à un problème commercial que vous ne paraissez pas soupçonner, les poissons dont on fait surtout des conserves sont le thon et la sardine. Au thon il faut les grands espaces et les grandes profondeurs, comme à la raie, comme au turbot qui veut 40 à 50 mètres d'eau (25 à 30 brasses), votre mer ne lui convient pas. La sardine est voyageuse et soupçonneuse comme l'anchois, je doute qu'elle s'engage dans le canal, vous n'aurez ni l'alose, ni l'esturgeon qui aiment l'embouchure des fleuves et encore ce dernier ne quitte guère la Méditerranée. Restent le maquereau et l'anguille, qui ne sont pas d'une consommation courante comme conserves.

La Compagnie eût-elle d'ailleurs les espèces favorables à confire et saler, qu'elle mettrait quinze ou vingt ans à faire accepter sa marque par le commerce pour qu'elle se produise avec avantage sur le marché, à moins d'avilir les prix et de faire une concurrence ruineuse aux marques de Nantes, de Lorient, du Croisic; etc., etc.

La Compagnie exploitera 100 000 hectares de forêts situées à 30 kilomètres de la mer. Sont-ce des chênes lièges, ce serait probablement d'un bon rapport, mais il faudrait de l'argent et des années avant de tirer un revenu; des chênes zéens on pourrait en faire des traverses de chemins de fer ce qui est encore le meilleur moyen d'en tirer parti, quoique le chemin de Biskra à Touggourt n'emploiera que des traverses en fer et que les autres chemins de fer fassent en général, ce qui semble assez peu rationnel d'ailleurs, venir leurs traverses de l'étranger. Ce sont des pins, dit M. Roudaire; tant pis, leur exploitation en Algérie n'est pas bien fructueuse et si la forêt est incomparablement belle, on peut croire qu'elle rapportera 500 000 francs nets de toute charge, c'est un denier dont se réjouirait plus d'un exploitant forestier. Soit un demi-million à ajouter à 1,940,000 ci-dessus, ci : . . . . . 2,440,000 francs.

Reste à évaluer le transit. Car pour arriver à naviguer sur cette mer il y aura un droit de passage. La Compagnie dit qu'il sera minime, mais combien rapportera-t-il en totalité?

Les gens de l'intérieur de l'Afrique ne paraissent pas bien empressés d'entrer en relations avec nous ni de consommer nos produits, et, à voir ce qui en est des Arabes en contact avec nous depuis cinquante ans, il n'est pas ridicule de penser qu'il pourra se passer plusieurs siècles avant que les Africains se fassent expédier par nous nos étoffes, nos meubles, nos produits en général.

Eux nous envoient : des dattes, des dents d'éléphants, des plumes d'autruche et c'est tout, je crois.

L'exploitation des dattes de toute la régence de Tunis s'élève, dit M. Clamageran, conseiller d'État, à 890 tonnes par an. Quand l'Afrique nous en

aura expédié deux ou trois petits vapeurs au jour de l'an, notre consommation sera assurée.

Quant aux plumes d'autruche et à l'ivoire ce ne sont pas précisément des marchandises encombrantes ; il n'est pas besoin de noliser beaucoup de navires.

Comme je n'ai pas de termes de comparaison, pour évaluer ce transit, disons que les droits de transit de la mer intérieure, couvriront les frais de gérance et d'administration de la Société, frais qui devront être considérables si on en juge par la multiplicité et la diversité des opérations dont l'administration aura à s'occuper.

Ainsi donc, dans le cas de la réalisation complète, dix ans après l'exécution de la mer intérieure des hypothèses plus que très favorables que j'ai faites on aurait les revenus suivants :

Terres et cultures.	1.000.000 fr.
Salines.	540.000 —
Pêches.	400.000 —
Forêts..	500.000 —
Total.	2.440.000 fr.
En chiffre rond.	2.500.000 fr.

Si l'État veut bien ne pas laisser à la charge de la Compagnie concessionnaire, l'entretien du port de Gabès, l'entretien du canal, des quais et des ports de la mer intérieure, du balisage, de l'éclairage des phares etc., la compagnie Roudaire pourra servir à ses actionnaires 5 pour 100 d'un capital de 50,000,000 francs.

Ce capital coûtera au moins 5 millions, à se procurer? Il faudrait donc pour que la mer intérieure fût possible à l'heure présente, qu'elle ne coûtât que 45,000,000 francs.

Si j'ai démontré, comme je le crois, l'inutilité et l'inopportunité dans le siècle actuel de la mer intérieure; est-ce à dire que je ne rende pas pleine justice aux travaux de M. Roudaire. Je crois qu'il a droit à nos félicitations pour la saine agitation qu'il a su créer autour de cette idée qui a occupé les savants, qui a intéressé les modestes travailleurs comme beaucoup d'entre nous, qui a donné à la masse le goût de s'instruire des choses de l'Afrique. Il a fixé la topographie et la géographie de régions à peu près inconnues jusqu'à ce jour. S'il ne conquiert pas la gloire, il peut se consoler en pensant que déjà il est en possession de cette notoriété à laquelle nous aspirons tous; son nom se trouve aujourd'hui intimement lié à celui des chotts. Il peut avoir l'assurance aussi qu'à la Société des Ingénieurs civils, il ne trouvera jamais que des admirateurs et de loyaux adversaires.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE répond que quand il est venu, il y a quelques semaines, parler du projet de mer intérieure en Algérie, il avait

l'intention de traiter la question au point de vue scientifique et non pas d'exposer les résultats financiers de l'entreprise. Il a indiqué, il est vrai, dans sa communication, quelles seront les sources de bénéfices qui permettront de rémunérer les capitaux; mais, c'est à dessein qu'il n'a pas donné de chiffres. Le moment n'est pas venu de traiter cette question à fond. Il ne s'agit pas en effet, à l'heure actuelle, de faire appel aux capitaux pour constituer la compagnie de la Mer Intérieure que M. Hauet a cru pouvoir, sans que rien l'y autorisât, baptiser du nom de Compagnie Roudaire.

Il s'agit simplement de démontrer que le projet de mer intérieure est pratique, que rien ne s'oppose à son exécution au point de vue des difficultés matérielles, et que cette mer intérieure sera utile au point de vue physique et politique.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE ne suivra pas M. Hauet dans sa discussion sur le rendement des pêcheries, des salines, des forêts, et des terrains; il le répète : le moment n'est pas venu de traiter la question au point de vue financier.

Il est venu parler simplement de la mer intérieure à des ingénieurs et leur montrer la possibilité de son exécution et son utilité à tous les points de vue.

M. Hauet a cherché à établir que la mer intérieure n'aurait aucune importance aux points de vue politique et militaire; or M. Roudaire a cité à ce sujet l'opinion excessivement favorable de plusieurs généraux et amiraux des plus distingués, entre autres celle du général Philebert, qui a fait la guerre pendant trente ans dans le sud de l'Algérie, et qui a avancé que la dernière insurrection n'aurait pas eu lieu si la mer intérieure avait existé. Le général Chanzy, dont M. Hauet invoque l'opinion, avait des idées particulières sur les chotts, que d'ailleurs il n'avait jamais vus. On peut être très grand général, et avoir, à certains égards, des idées qui ne sont pas toujours conformes à ce qui existe. Le général Chanzy croyait les chotts infranchissables. Eh bien, la vérité est qu'ils sont infranchissables pour nous seulement, et que les Arabes les passent facilement. Par conséquent, dans l'état actuel ils ne constituent une barrière que pour nous et non pour les Arabes. Le jour où la mer intérieure sera faite, nous la traverserons, au contraire, comme nous voudrons, tandis que les Arabes ne pourront pas la franchir; on disposera sur le canal quelques ponts de bateaux, qui pourront se replier sur la rive nord, sous la protection de nos fortins, et il ne passera pas un Arabe à cheval sans notre permission.

Maintenant, M. Hauet a parlé du climat; il a dit : « le vent du Sud souffle 260 jours par an; l'évaporation sera de 28 millions de mètres cubes par jour. J'admets, a-t-il ajouté, que pendant ces 260 jours, les 28 millions de mètres cubes d'eau vaporisée, poussés vers l'Algérie par les vents du Sud, s'y résolvent en pluie jusqu'à la dernière goutte, il n'y a pas là de quoi modifier d'une manière sensible le climat de l'Algérie. »

Pour répondre à cette objection M. le commandant Roudaire se rend au

tableau, y dessine le rivage nord de la mer intérieure. En partant de ce rivage, il divise la partie de l'Algérie comprise entre la mer intérieure et la Méditerranée, en zones de 40 kilomètres de largeur; la distance du nord de la mer intérieure à la Méditerranée étant à peu près de 250 kilomètres on obtient ainsi six zones de 40 kilomètres chacune, plus une bande de quelques kilomètres de long du rivage méditerranéen.

Or, il a été admis que la mer intérieure donnerait $1^m,28$ d'évaporation par an, c'est-à-dire qu'il y aura une couche d'eau de $1^m,28$ qui s'évaporera. Ainsi que le disait M. Hauet, pendant 260 jours environ, les vents du Sud pousseront les vapeurs vers le Nord. Or en ne prenant que les 2/3 de $1^m,28$ on trouve $0^m,86$ comme couche d'eau qui sera poussée vers le Nord et se transformera en pluie. Il faut d'ailleurs remarquer que quand il tombe une certaine hauteur de pluie une partie de cette pluie s'évapore et contribue à former de nouveaux nuages et à produire de nouvelles pluies.

En effet, quand il pleut, une partie de l'eau est absorbée par le sol et les plantes; une autre partie s'écoule à la surface du sol et retourne à la mer par les fleuves; la troisième partie s'évapore. On peut supposer que la partie qui s'évapore est environ le tiers de la quantité d'eau tombée; aux 86 centimètres trouvés plus haut il faut donc ajouter le 1/3 de 86 qui est 29 à peu près. Il n'y a pas en effet à distinguer les pluies venant directement de la mer de celles qui sont produites par l'évaporation de l'eau déjà tombée sur le sol; nous aurions donc au total $1^m,15$ de couche d'eau annuelle. On aurait pu ajouter encore le 1/3 de 29 qui aurait donné environ $1^m,25$; mais le chiffre de $1^m,15$ suffit pour la démonstration.

Dans la première zone se trouve Biskra; d'après les observations météorologiques, il y tombe 280^{mm} de pluie par an.

Dans la seconde zone il n'existe pas d'observations.

Dans la troisième se trouvent Batna et Tébessa. La moyenne des pluies, d'après les observations faites dans ces deux villes est de 542^{mm}. Or comme il y a 280^{mm} dans la première zone, on peut prendre, pour la zone intermédiaire la moyenne entre 542 et 280, ce qui donne 411^{mm}.

Nous arrivons à la quatrième zone; là, encore il n'y a pas d'observations.

Mais, dans la zone suivante, c'est-à-dire, dans la cinquième, nous avons Constantine et Guelma, où des observations ont été faites : à Constantine, il tombe 573 millimètres d'eau, et à Guelma 640 millimètres, soit, comme moyenne 606 millimètres.

Nous prendrons, comme tout à l'heure, la moyenne entre 542 et 606, pour la zone intermédiaire, ce qui nous donne 574 millimètres pour la quatrième zone.

Dans la sixième zone, pas d'observations; on arrive alors au rivage de la Méditerranée, où l'on trouve Philippeville et la Calle. Les observations faites à la Calle donnent 807 millimètres et, à Philippeville 809 millimètres. Nous prendrons pour la sixième zone, où nous n'avons pas d'obser-

vations, la moyenne entre 808 et 606 que nous avions à la zone précédente et nous aurons 707 millimètres.

Ainsi, on voit que les quantités d'eau tombées s'échelonnent de la manière suivante à partir du littoral de la Méditerranée : 808, 707, 606, 574, 542, 411 millimètres, et enfin, le climat désertique de Biskra, qui ne donne plus que 280 millimètres. Que faut-il pour transformer cette région et la rendre fertile? Il faut rendre, à chaque zone, la quantité de pluie qui lui manque pour avoir un climat analogue au climat français, par exemple. Or, d'après M. Charles Martin le climat français, présente en pluie 681 millimètres, et d'après M. Vallès 719 millimètres, c'est donc une moyenne de 700 millimètres. On a choisi à dessein des zones de 40 kilomètres, car la mer intérieure a une longueur de 200 kilomètres ; or, $200 \times 40 = 8000$ kilomètres carrés, c'est-à-dire une superficie égale à celle de la mer intérieure.

Cela posé, on voit que la mer intérieure fournissant $1^m,15$ de pluie, donnera suffisamment d'eau pour restituer à ce climat ce qui lui manque pour arriver au climat français. En effet, le climat désertique de Biskra a 280 millimètres; pour arriver à 700, il lui faut 420 millimètres ;

Pour la deuxième zone, qui a 411, il faut 289
Pour la troisième zone, qui a 542, il faut 158
Pour la quatrième zone, qui a 574, il faut 126
Pour la cinquième zone, qui a 606, il faut 94

Quant à la sixième zone, nous avons à peu près déjà aujourd'hui un climat analogue au climat français, ainsi que sur les bords de la mer. En faisant l'addition de tous ces chiffres : $420 + 289 + 158 + 126 + 94$, nous avons un total de $1^m,09$; or, nous savons que la mer intérieure donne par an $1^m,15$ de pluie. Chaque zone contenant 800,000 hectares, on a par conséquent 4 millions d'hectares qui peuvent se transformer en terrains fertiles par suite de l'évaporation produite à la surface de la mer intérieure. On a donc tort de dire que cette mer sera peu de chose, on voit au contraire qu'elle est fort importante.

M. Hauet a parlé du retour à la période glaciaire, et il a dit que, dans ses recherches, il n'a trouvé que M. About qui en ait parlé. Cela a été dit par beaucoup de monde, et, si M. Roudaire l'a rappelé, c'était pour faire comprendre que, entre l'opinion de ceux qui parlent de retour à la période glaciaire et celle de ceux qui nient l'influence bienfaisante de la mer intérieure sur le climat de l'Algérie, il y a une moyenne qui sera précisément atteinte par l'exécution du projet.

On a vu qu'au bord de la Méditerranée il y a 808 millimètres de pluie par an, et que la hauteur d'eau tombée diminue progressivement au fur et à mesure qu'on s'avance vers le sud, de manière à n'être plus que de 280 millimètres à Biskra. De même, les pluies fournies par la mer intérieure, abondantes sur son rivage nord, diminueront progressivement en

approchant du rivage méditerranéen. Les pluies fournies par la Méditerranée et par la mer intérieure se répartiront donc suivant deux progressions inverses, qui se compléteront mutuellement. Les chiffres que nous avons donnés démontrent d'ailleurs clairement que la quantité de pluie fournie par la mer intérieure sera suffisante pour restituer à toutes les zones comprises d'un rivage à l'autre l'eau qui leur manque pour que le climat y soit aussi humide qu'en France.

Il serait difficile de répondre aux nombreuses critiques formulées par M. Hauet sans avoir sous les yeux le volumineux manuscrit qu'il vient de lire rapidement. L'heure, d'ailleurs, serait trop avancée.

M. Roudaire tenait surtout à répondre aux objections qui le touchaient le plus et qui sont relatives aux avantages politiques et climatologiques. Quant à la question financière, il le répète, il n'a pas eu l'intention de la traiter à la Société des Ingénieurs civils où elle ne serait pas à sa place. Le jour où il faudra faire appel aux capitaux, cette question sera exposée complètement; mais ce n'est pas encore le moment.

M. Edmond Roy, sans être tout à fait de l'avis de M. le commandant Roudaire, demande la permission de faire part d'un voyage assez important qu'il a eu mission de faire dans un pays où il a séjourné deux ans, et où le climat est à peu près analogue à celui de l'Afrique, c'est le Pérou ; or, depuis l'origine du Pérou, vers le nord, jusqu'à la Bolivie et au delà, il y a 800 à 1,000 lieues de côtes sur lesquelles il ne pleut jamais; c'est au pied des Andes, sur lesquelles il y a des pluies torrentielles et il ne pleut pas sur le bord de la mer; cela est d'autant plus singulier que le baromètre ne varie jamais qu'entre 740 et 747 millimètres, jamais plus, jamais moins. M. Roy crut d'abord que son baromètre était dérangé; il en fit part à un professeur qui lui affirma que les choses ne se passaient jamais autrement.

Il croit que les mêmes phénomènes se passeraient à la mer intérieure.

Il y a en effet une remarque à faire : les vents principaux qui règnent presque continuellement sur cette côte sont des vents du sud-ouest, qui poussent les vapeurs du Pacifique vers les chaînes de montagnes, qui ont 4,500 mètres d'altitude, mais il n'y a presque jamais de vents qui soufflent des Andes vers le Pacifique; par conséquent, toute l'évaporation de la mer se trouve poussée sur la montagne et ne revient vers la côte que par les courants et les rivières qui se forment au moment des grandes pluies.

Eh bien, avec la mer intérieure, dans la période des jours de vents venant du sud, indiqué par M. Roudaire, il se passerait un phénomène analogue; car l'Aurès est assez élevé, il y a des points qui ont 2,500 mètres, l'évaporation de la mer intérieure serait probablement poussée vers le faîte de la montagne; les nuages se formeraient au sommet, se résoudraient en pluie; la quantité d'eau qui tomberait dans la montagne serait beaucoup plus considérable que celle qui est indiquée par les chiffres de M. Roudaire, et elle reviendrait en rivières et en cours d'eau, en donnant ainsi la possibilité de faire comme au Pérou des irrigations; grâce aux-

quelles on a une végétation splendide ; mais la quantité de pluie qui tomberait dans la plaine ne serait pas beaucoup augmentée ; c'est dans ce sens qu'il y aurait certainement des modifications du climat avantageuses au versant sud de l'Aurès.

M. le commandant Roudaire ajoute à sa réponse à la communication de M. Hauet, une remarque. Les observations faites sur les bords des chotts ont donné une tension de vapeur égale à $4^{mm},5$ ou 5^{mm}, ce qui correspondrait à environ 5 grammes de vapeur d'eau par mètre cube d'air pendant les mois de janvier, février, mars, avril et mai. En supposant un vent du sud passant au-dessus de la mer intérieure avec une vitesse moyenne de 10 kilomètres à l'heure, ce qui est la vitesse d'un vent intermédiaire entre ce que les marins appellent petite brise et forte brise, et supposant que les vapeurs d'eau enlevées à la mer intérieure se distribuent dans une couche d'air ayant 20 mètres de hauteur, en faisant le calcul on arrive à ce résultat que chaque mètre cube d'air de cette couche de 20 mètres de hauteur prendra 33 grammes de vapeur d'eau, ce qui, ajouté aux 5 grammes qu'il contient déjà, fera 38 grammes. Or, c'est à peu près la quantité maxima de vapeur que peut contenir l'air vers la température de 30 degrés ; supposons ce vent, par exemple, à 30 degrés, arrivant à la chaîne de l'Aurès dont la hauteur, à certains points, atteint 2,400 mètres, et peut être évaluée à 2,000 mètres en moyenne.

D'après les observations de M. Charles Grad faites au col de Saint-Théodule, l'air perd un degré par centimètre d'ascension en s'élevant, et s'échauffe de 1 dégré par 100 mètres en descendant : donc un vent de 30 degrés descendra en s'élevant, à la hauteur de 2,000 mètres, à la température de 10 degrés ; mais, à cette température, l'air est saturé quand il contient 9 grammes de vapeur d'eau par mètre cube ; comme il en contiendra 38, il y en aura donc 29 qui se précipiteront en pluie. Ainsi, en résumé, un vent qui s'élève de 100 mètres se refroidit de 1 degré, donc le vent qui traversera l'Aurès en s'élevant à 2,000 mètres subira un refroidissement de 20 degrés, passera par conséquent, de 30 degrés à 10 degrés, température à laquelle le point de saturation est atteint lorsqu'il y a 9 grammes de vapeur d'eau par mètre cube d'air.

M. le Président. Et la condensation se fera sur le reste.

M. le commandant Roudaire. Sans aucun doute. L'excédent se résoudra en pluie principalement sur les flancs de l'Aurès. Mais cela ne veut pas dire qu'il n'y aura pas de pluies directes sur le littoral même de la mer intérieure. Je pourrais citer comme exemple ce qui se passe à Philippeville et à la Calle où la pluie est bien plus abondante qu'à Constantine par exemple malgré la présence du massif montagneux au milieu duquel cette ville se trouve située. En général, il pleut davantage sur les littoraux que dans l'intérieur des continents. Les exemples que l'on a cités de littoraux où il ne pleuvait jamais, tels que celui de la mer Rouge et des îles du cap Vert ne sont que des exceptions qui s'expliquent par la disposition topographique

des côtes de la mer; en même temps que par la direction des courants atmosphériques.

M. Badois désire ramener l'attention de la Société sur les problèmes techniques que soulève plus spécialement la question de la mer intérieure africaine qui ne lui paraissent pas élucidés par les discussions au contraire de la Commission supérieure et qui ont provoqué des objections sérieuses non résolues.

Ce sont ces points surtout qui doivent intéresser les ingénieurs et leur étude ne donne pas, suivant M. Badois, une certitude absolue de pouvoir réaliser le projet dans les conditions de temps et de dépense indiquées par M. le commandant Roudaire.

Le point le plus important, celui de l'écoulement de l'eau depuis la mer jusque dans les deux chotts successifs à remplir, ne paraît pas avoir été considéré dans son entier.

On s'est beaucoup préoccupé seulement du canal de 180 kilomètres qui doit amener l'eau de la mer jusqu'au bord du chott Rharsa et il semblerait qu'à partir de ce point il n'y ait plus aucune difficulté à vaincre.

Or, le tracé total pour atteindre l'extrémité du chott Mel R'ir a de 375 à 380 kilomètres de longueur : l'eau a donc à parcourir dans les chotts une longueur égale à celle parcourue dans le canal depuis Gabès jusqu'à Tôzeur et l'étude de l'écoulement dans cette partie n'est pas indifférente si l'on considère, que sur plus de 60 kilomètres, la pente moyenne du sol ne dépasse pas $0^m,016$ millimètres par kilomètre, que dans toute cette région l'eau s'épandra sur de larges surfaces recouvertes de concrétions salines, mamelonnées et très échauffées par le soleil et que par conséquent la vaporisation de l'eau dans ces conditions sera beaucoup plus considérable que celle sur laquelle on compte.

Les prévisions d'une évaporation de 3 millimètres et demi par jour sont en effet basées sur des expériences faites dans des bassins comportant une certaine épaisseur d'eau et non comme cela aura lieu dans les chotts sur des surfaces imbibées seulement de quelques centimètres et même de quelques millimètres d'eau pendant le remplissage.

Quel sera le résultat de ces conditions spéciales? D'abord la nécessité d'amener dans le même temps une plus grande quantité d'eau ou bien de se résigner à une durée de 25 ou 30 ans pour l'opération. En second lieu, l'accroissement des dépôts de sel et de la salure de l'eau. En supposant que l'évaporation n'enlève pas la totalité des 180 mètres cubes d'eau amenée par seconde, au fur et à mesure qu'elle arrivera.

Mais, sans prévoir cette limite extrême puisque l'on est maître d'augmenter les dimensions des canaux pour que leur débit soit supérieur à l'évaporation, il faut encore, pour constituer la mer intérieure complète, faire écouler l'eau non évaporée jusqu'à l'extrémité du chott Mel R'ir après lui avoir fait parcourir le chott Rharsa et traverser les seuils qui séparent les deux bassins. Pour cela il faut lui assurer une certaine pente superficielle, car si l'eau considérée à l'état statique doit prendre son niveau il faut tou-

tefois introduire la notion du temps et par conséquent de la vitesse, et l'eau *en mouvement* ne peut s'écouler que moyennant une certaine différence de niveau appelée pente superficielle ou perte de charge, nécessaire pour vaincre les résistances et les frottements occasionnés par le fait même du mouvement et de la vitesse.

Or, ces résistances et frottements sont fonction du rapport entre le périmètre mouillé et la section d'écoulement et aussi de la nature du fond. Si donc dans le canal de Gabès à Tôzeur, une pente superficielle de 0m,01 par kilomètre peut suffire pour écouler d'après les données du projet 187 mètres cubes par seconde avec les dimensions de 30 mètres au plafond, 14 mètres de hauteur d'eau et de talus à 45°, cette même pente ne pourrait plus suffire dans les chotts où l'eau s'écoulerait sur une grande largeur et une petite hauteur.

M. Badois estime que dans les chotts la pente superficielle nécessaire au débit ne devrait pas être moindre de 0m,050 à 0m,060 par kilomètre pendant la période première de remplissage et qu'alors, sur 200 kilomètres la pente totale ne serait pas moindre de 10 à 12 mètres qui, s'ajoutant aux 2 mètres de pente totale du canal jusqu'à Tôzeur formerait une dénivellation de 12 à 14 mètres dans le chott Mel R'ir par rapport à la Méditerranée et qu'il y a lieu de croire que le remplissage serait, de ce fait, d'autant plus long à s'accomplir parce que, en même temps que le niveau tendrait à se relever, la pente superficielle diminuerait et que la durée de l'opération dépendrait des différentes valeurs relatives que prendraient ces quantités combinées avec l'action plus ou moins grande de l'évaporation.

On suppose d'ailleurs qu'aucun obstacle accidentel ne s'opposera à l'écoulement de l'eau, mais il faut compter cependant avec les obstructions du fond du canal, les barrages partiels formés par les terres éboulées, les changements de direction du lit, et les ondulations et déformations qui ne manqueront pas de se produire et qui seraient autant de causes retardatrices de la vitesse de régime et par conséquent du remplissage.

On voit donc que cette opération ne repose que sur des données très peu certaines.

M. Badois cite deux faits qui prouvent l'importance qu'il faut attacher au rapport entre la section d'écoulement d'un canal et son périmètre mouillé dans toutes les questions relatives aux mouvements de l'eau; le premier s'applique à un étang de 600 mètres de longueur et de 0m,60 à 1 mètre de profondeur où il a eu occasion de faire quelques travaux. Sur cette longueur il y avait une pente totale de 0m,060 entre l'amont et l'aval soit 0m,10 par kilomètre due évidemment au très grand périmètre mouillé par rapport à la section.

Le second fait se rapporte aux premiers canaux à petite section qui ont été ouverts à l'isthme de Suez. On avait creusé un de ces canaux sur 10 mètres à 12 mètres de largeur et 2 mètres de profondeur sur 25 kilomètres environ de longueur. Et on espérait y voir couler l'eau à pleins bords. Grande fut la désillusion quand on constata que la hauteur d'eau

diminuait progressivement depuis l'origine jusque vers le quinzième kilomètre où elle était réduite à rien. A ce point l'eau ne pouvait plus arriver en assez grande quantité avec les dimensions prévues pour compenser les pertes par évaporation. On fut obligé d'augmenter ces dimensions.

Bélanger, dans son cours d'hydraulique, a étudié longuement ces problèmes et relaté des faits très curieux qui peuvent paraître étranges et paradoxaux mais n'en sont pas moins vrais.

Un second point demande à être examiné sérieusement : M. le commandant Roudaire a énoncé, dans son projet, qu'il faut compter pour le mouvement de l'eau dans le canal sur la *poussée des eaux de la mer*.

Qu'est-ce en réalité que cette poussée des eaux?

Il n'est pas douteux que l'effet s'en fait sentir dans certains cas avec une extrême violence, M. Badois a été témoin à Oran d'un raz de marée qui a détruit en l'espace de deux ou trois heures une jetée sur près de 300 mètres de longueur, mais c'est tout à fait exceptionnel. En général ce qu'on entend probablement par la poussée de la mer se traduira sans doute par une vitesse initiale plus ou moins grande communiquée à l'eau s'introduisant dans le canal et ayant le même effet qu'aurait une surélévation du niveau de l'eau dans le golfe de Gabès.

Est-on bien certain que cet effet soit favorable et n'agisse pas en sens contraire en produisant des atterrissements (provenant de l'entrainement des sables de la mer) et par conséquent des obstructions à l'origine du canal qu'il faudrait draguer constamment?

Un troisième point, très douteux aussi, c'est la possibilité d'entraîner les terres des berges par le mouvement de l'eau de manière à faire creuser le canal à ses dimensions définitives par l'eau elle-même qui transporterait les déblais dans les bas-fonds du chott Rharsa. Cette idée, qui serait si séduisante, est-elle réalisable avec pleine chance de succès? La commission supérieure ne l'a pas pensé et avec raison sans doute.

En effet, si les vases et argiles légères peuvent être entraînées par l'eau à une vitesse de fond de moins de $0^m,30$ correspondant à une vitesse moyenne de régime de $0^m,40$, — les sables fins ne commencent à être entraînés qu'au-dessus de cette vitesse, les sables plus gros et les petits graviers ne le sont qu'à une vitesse de fond supérieure à $0^m,60$ ou à une vitesse moyenne de régime de $0^m,75$. — Aura-t-on dans le canal et dans tous les points cette vitesse avec les dimensions prévues.

L'exemple cité de l'approfondissement et de l'élargissement de l'embouchure de la Meuse, en Hollande, par l'entraînement des terres, est-il bien concluant pour le cas qui nous occupe? Les circonstances ne sont-elles pas très différentes?

L'entraînement des terres et sables se fait proportionnellement à la ténuité, à la division des matières et à leur moindre agrégation. C'est facile à comprendre, car l'effort exercé sur ces matières par l'eau en mouvement naît de la vitesse de l'eau qui produit une pression $\frac{v^2}{2g}$ sur la sur-

face de chacun des éléments. Plus ces éléments sont petits, plus aussi est faible le rapport de leur poids à leur surface soumise à l'action de l'eau et on conçoit très bien qu'il arrive un degré de ténuité où l'effort de l'eau animée d'une certaine vitesse soit égal et supérieur au point de l'élément et où commence l'entraînement. Et de fait dans les rivières ne voit-on pas les sables fins emportés par le courant tandis que les graviers et cailloux forment les hauts-fonds et les seuils qui résistent à l'entraînement et constituent même des obstacles à l'écoulement de l'eau.

Il n'est donc pas prouvé que parce que, en Hollande, les terrains composés probablement d'alluvions légères sont enlevés par le courant et transportés vers la mer, le même fait se produira dans les mêmes conditions dans le canal de Gabès traversant d'autres terrains qui peuvent être plus denses et plus compactes et moins faciles à se désagréger.

D'ailleurs sur un fleuve comme la Meuse, dont la pente superficielle est supérieure, du reste, à celle adoptée pour le canal de Gabès, une autre raison vient faciliter l'entraînement des matières. Si une obstruction partielle se produit dans le lit, il s'ensuit un gonflement des eaux au-dessus et comme le cours supérieur fournit toujours le même débit, ce gonflement se produit jusqu'à ce que la surélévation du niveau d'eau amène une vitesse suffisante pour causer le départ des matières formant barrage. Le canal de Gabès, au contraire, sera alimenté par un bassin à niveau constant, la Méditerranée, et tout gonflement produit au-dessus d'un barrage partiel aura pour effet de réduire la pente superficielle des eaux et par suite la vitesse de régime, donc la cause motrice du mouvement des matières.

Par toutes ces raisons, M. Badois ne croit pas qu'on puisse compter d'une manière bien sûre sur ce procédé de déblaiement du canal. Il pense que ce serait plutôt la cause d'obstacles continuellement apportés au mouvement de l'eau, et il serait désireux de voir la discussion porter sur les objections qu'il vient d'énoncer.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE répond d'abord aux objections de M. Badois, concernant les dépôts de sel.

M. Badois, en effet, a dit en terminant, qu'il se formerait au fond des chotts une couche de sel de plus en plus épaisse et que la salure deviendrait à un moment donné de plus en plus considérable. Cette perspective l'effraye et il désirerait qu'on le rassurât à ce sujet. C'est une question très compliquée à traiter que celle des contre-courants inférieurs qui ramèneront dans la Méditerranée les résidus salins de l'évaporation. Cependant M. Roudaire a calculé, et M. Bouquet de la Grye, a calculé comme lui que, malgré l'évaporation constante de la mer intérieure, la salure des eaux ne pourra jamais, avec le canal adopté, atteindre le troisième degré; mais en supposant même qu'il ne se produise pas de contre-courant inférieur, il est facile de démontrer que les craintes exprimées par M. Badois ne pourraient être justifiées que dans un avenir tellement éloigné qu'il n'y a pas lieu de s'en préoccuper.

La Commission a été d'accord avec M. ROUDAIRE pour reconnaître que

la quantité d'eau enlevée par l'évaporation qui ne serait pas restituée par les pluies, serait de 74 centimètres par an et comme l'eau aura 24 mètres de profondeur, il s'ensuit que la salure deviendra double au bout de $\frac{24}{0,74} = 32$ ans. Pour que l'eau fût saturée complètement, il faudrait que la salure fut dix fois plus grande. En effet la Méditerranée contient 3.6 de sel pour 100 et l'eau saturée de sel marin en contient 36 pour 100. Il faudrait donc $32 \times 10 = 320$ ans pour que la mer intérieure fût saturée. A partir de ce moment les résidus salins de l'évaporation formeraient au fond de la mer un dépôt de 12 millimètres par an; ce qui donnerait une couche de 1.20 de sel marin au bout de 100 ans. Cela formerait une magnifique saline naturelle qui ferait une redoutable concurrence aux marais salants où l'on ne produit le sel qu'avec tant de peine.

En admettant que les résidus continuent à se déposer indéfiniment, il faudrait mille ans pour que la profondeur de la mer intérieure fût diminuée de 12 mètres. Cette mer aurait donc encore au bout de 1,320 ans une profondeur de 12 mètres. Ainsi, en mettant les choses au pis, en supposant que, contre tous les calculs, il ne s'établisse pas de contre-courant inférieur qui arrête l'accroissement de la salure, la mer intérieure serait encore assurée d'une existence d'environ quinze cents ans, ce qui, pour une entreprise humaine, équivaut à l'éternité!

M. Badois a parlé de l'évaporation qui se produirait quand l'eau arrivera dans les chotts, et il craint que cette eau, s'étalant sur tant de surfaces peu inclinées, convertes de concrétions salines et échauffées par le soleil ne soit exposée à une évaporation plus considérable que celle sur laquelle on compte. Les prévisions d'une évaporation de 3 millim. 1/2, ajoute M. Badois, sont basées sur des expériences faites dans des bassins comportant une certaine épaisseur d'eau. M. Roudaire en demande pardon à M. Badois, mais ces expériences ont été faites pendant le remplissage des lacs Amers, qui étaient complètement à sec comme le sont aujourd'hui le chott Rharsa et le chott Mel R'ir. Le fond des lacs Amers est aussi peu incliné que celui des chotts, et tout naturellement l'eau s'y étala d'abord en formant une nappe qui ne présentait que quelque millimètres d'épaisseur. Mais c'est en tenant compte de l'évaporation plus active qui s'est produite pendant ce temps, d'ailleurs très court, mais encore des imbibitions du sol que le chiffre de 3 millim. 1/2 a été obtenu.

Au sujet des concrétions salines qui occupent le fond des chotts et que M. Badois a signalées comme un danger, M. Roudaire fait remarquer que le fond des lacs Amers était occupé non par de simples dépôts salins d'une épaisseur de quelques centimètres, mais par un énorme banc de sel ayant une épaisseur moyenne de $9^{m},68$. Eh bien, ce qu'il y a de frappant, c'est que, depuis le remplissage des lacs Amers, ce banc de sel est en train de se dissoudre sans que pour cela la salure des eaux augmente. Il faut donc qu'il se produise au fond du canal un courant inférieur, ramenant dans

la Méditerranée et dans la mer Rouge les eaux lourdes surchargées de sel.

M. Badois a dit qu'il serait difficile d'obtenir l'entraînement des déblais par les eaux pour le creusement du canal de la mer intérieure, qu'on n'arriverait pas au même résultat que celui que M. Caland a obtenu à Hock von Holland.

M. Roudaire fait remarquer, au contraire, qu'à Hock von Holland on se trouvait en face de dunes marines, composées généralement de sable assez gros, tandis que le sable qui se trouve au seuil de Gabès est excessivement ténu. Il en est de même des argiles limoneuses du chott Djerid. On se trouvera en présence d'un terrain très facile à entraîner.

M. Badois a dit encore qu'on constate que, dans les rivières, les hauts-fonds sont produits par des dépôts de gravier. C'est tout naturel. Il y a même, au moment de fortes crues, des cailloux qui sont entraînés : la puissance de suspension de l'eau ne dépend pas seulement de la vitesse du courant, mais aussi de sa profondeur. Ainsi, un fleuve de 5 mètres de profondeur transportera, à vitesse égale, des matières plus grosses et plus lourdes qu'un ruisseau de 1 mètre de profondeur, c'est-à-dire que le ruisseau ne pourra tenir en suspension que les troubles qui se trouvent dans le fleuve à 50 centimètres de la surface, si la pente du ruisseau est la même que celle du fleuve; que pour porter les graviers qui se trouvent en suspension dans les couches profondes du fleuve il faudrait que la pente du ruisseau fût dix fois plus considérable.

En général, lorsque la hauteur, la longueur et la pente d'un cours d'eau atteignent certaines limites, on trouve dans les couches les plus basses des cailloux, au-dessus des graviers, au-dessus des sables, et enfin, vers la surface, une vase très ténue.

Si la puissance de suspension de l'eau diminue, les couches du bas commencent à déposer d'abord les cailloux, puis, si elle continue à diminuer, le gravier, et enfin le sable.

C'est ce qui arrive toutes les fois que le cours d'eau subit une modification de section ayant pour résultat de diminuer la force de suspension de l'eau. Il se produit alors un haut-fond qui, dans le cas le plus ordinaire, est principalement composé de gravier. Mais remarquez bien que ce haut-fond ne peut pas augmenter indéfiniment. Au fur et à mesure qu'il s'élève, la pente, et par suite la force de suspension augmentent, et il arrive un moment où il ne peut pas se produire de dépôts. C'est là, d'ailleurs, une loi d'équilibre nécessaire, car si les hauts-fonds pouvaient croître indéfiniment ils finiraient par barrer le cours des rivières.

M. Badois répond qu'il y a une différence très notable entre l'opération du remplissage des lacs Amers, du canal de Suez, et l'opération projetée du remplissage de la mer intérieure.

Les lacs Amers forment un seul et même bassin d'une longueur totale de 40 kilomètres, et dont la plus grande largeur atteint seulement 12 kilomètres, la profondeur de 9 mètres, constitue même au plus grand profil

transversal une déclivité des rives incomparablement plus forte que celle des chotts algériens. Ceux-ci forment en outre deux cuvettes séparées par des seuils d'une certaine longueur, et ne peuvent être alimentés, en tout cas, que d'un seul côté.

L'une des extrémités des lacs Amers se trouve à 25 kilomètres de la mer Rouge, et même à 16 kilomètres seulement des lagunes de Suez.

L'autre extrémité, est, il est vrai, à 100 kilomètres de la Méditerranée, mais sur cette distance le canal maritime de Suez rencontre, à 15 kilomètres du grand lac Amer, le lac Timsah qu'il traverse et qui avait été rempli préalablement par les eaux du Nil au moment de la grande crue au moyen du canal d'eau douce avec lequel le lac Timsah était en communication.

A 10 kilomètres du lac Timsah le canal de Suez rencontre l'extrémité du lac Ballah et à 30 kilomètres plus loin l'extrémité du lac Menzaleh, or ce dernier se trouve en communication directe avec la Méditerranée par plusieurs boghars et son niveau est souvent de 30 ou 40 centimètres plus élevé que celui du canal maritime.

De plus, le courant est assez important de la mer Rouge vers les lacs Amers, à cause des marées de cette mer qui atteignent souvent 2 mètres de hauteur, et sont en moyenne à $1^m,25$; ce qui fait, de ce côté, une pente superficielle de $\frac{1,25}{25} = 0^m,050$ par kilomètre, rien que du fait de la marée.

On voit donc que les lacs Amers ont pu être remplis des deux côtés à la fois, avec des ressources bien plus considérables et dans des conditions infiniment plus favorables que celles relatives aux chotts algériens qui ne peuvent recevoir l'eau que par un seul émissaire de 180 kilomètres de longueur, aboutissant à une mer n'offrant pas de marées de grande amplitude.

D'ailleurs la capacité des lacs Amers est de 3 milliards de mètres cubes. Celle des chotts algériens serait de 176 milliards, soit près de soixante fois plus grande. En supposant même que le débit par le seul canal de Gabès fût égal à celui total des deux canaux alimentant le bassin des lacs de Suez par les deux extrémités, et dans les conditions relatées plus haut, ce qui est douteux, il faudrait soixante fois plus de temps pour terminer l'opération, soit soixante fois six mois ou trente années.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE, répond que les lacs Amers n'ont pas été remplis par la mer Rouge, mais par la Méditerranée en grande partie. Le canal entre la Méditerranée et les lacs Amers a 100 kilomètres de longueur, et il est horizontal; malgré cela, on avait établi un déversoir pour empêcher que le courant ne dépassât la vitesse de 30 centimètres, afin de ne pas gêner l'exécution des travaux qui n'étaient pas encore terminés. Ce n'est donc point par la mer Rouge, mais c'est principalement par la Méditerranée, qui est à 100 kilomètres de distance, que les lacs Amers ont été remplis; il faut

remarquer, il le repète, que le canal de Suez était horizontal, tandis que le canal de la mer intérieure aura une pente vers les chotts.

M. Roy demande à dire un mot sur l'évaporation.

M. le Président désire qu'on ne mêle pas les questions, et propose de ne pas clore la discussion, car il y aura encore d'autres questions techniques qui pourront être soulevées. Si l'Assemblée pensait autrement on pourrait clore la discussion.

M. Badois. M. Roudaire n'a pas répondu à la question relative à la poussée de la mer.

M. le commandant Roudaire. Tous les ingénieurs ont reconnu qu'il y aurait une augmentation de vitesse résultant de la poussée de la mer; mais, tous les calculs que j'ai présentés ont été faits sans tenir compte de cette poussée.

J'ai seulement ajouté que la vitesse calculée d'après les formules ordinaires du régime permanent devait être considérée comme un minimum; que nous devions nous attendre à avoir une vitesse beaucoup plus grande par suite de la pression exercée par les eaux de la mer, réservoir supérieur à niveau constant, sur celles qui seront déjà engagées dans le canal.

Dans tous les cas, en ne comptant que sur la vitesse minima calculée d'après les formules de Bazin, le débit du canal sera de 704 mètres cubes par seconde et le remplissage sera terminé en dix ans.

M. Badois. S'il ne s'agissait que d'arriver à l'extrémité des 180 kilomètres, vous auriez ce qu'il faut; mais après, il s'agit de remplir le chott Mel R'ir après avoir rempli le chott Rharsa et cela au moyen du canal qui coupera les seuils entre les deux chotts.

M. le commandant Roudaire. Nous serons dans les mêmes conditions qu'aux lacs Amers : l'eau viendra prendre son niveau d'abord dans le chott Rharsa, ensuite dans le chott Mel R'ir et il se passera le même phénomène que lorsque l'on verse de l'eau dans un vase qui communique avec un autre vase. Il ne faut pas compliquer un problème très simple. Lorsque la quantité d'eau versée est égale à la capacité des deux vases, ils se trouvent nécessairement remplis tous les deux.

Dans les calculs que j'ai faits relativement au remplissage, je n'ai pas tenu compte de la poussée de la mer, et j'ai supposé que, pendant toute la période de remplissage, l'évaporation s'exercerait sur la surface entière de la mer intérieure. Il est pourtant évident qu'au début, la surface d'évaporation sera beaucoup plus petite qu'à la fin. Eh bien, j'ai exagéré l'évaporation, puisque j'ai supposé qu'elle s'exercerait sur la surface entière de la mer intérieure pendant toute la période de remplissage; puis en appliquant les formules connues de tout le monde, je suis arrivé à ce résultat, que le canal fournirait la quantité d'eau nécessaire pour opérer le remplissage complet en dix ans, au maximum.

J'ajoute que dans ma conviction, cette période sera notablement réduite.

M. Badois demande s'il n'est pas à craindre que la poussée de la mer entraîne des sables à l'entrée du canal.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE. Il se produira à l'entrée du canal l'inverse de ce qui a lieu lorsqu'un courant resserré dans un lit étroit s'épanouit dans un lit beaucoup plus large. Les eaux de la mer se dirigeront de tous les côtés vers l'embouchure du canal avec des vitesses relativement faibles. Une fois engagées dans le canal elles éprouveront une accélération de vitesse et le courant atteindra toute sa force de suspension.

La section et la pente du canal étant constantes, la puissance de suspension restera la même jusqu'à la fin, et les matières entraînées seront transportées jusqu'au chott Rharsa ; si, à un moment donné, il se produit un haut-fond, il sera limité comme je l'ai expliqué tout à l'heure; et puis nous aurons la facilité de faire disparaître ces hauts-fonds en utilisant la marée pour produire des chasses, et en outre de venir en aide, aux points où cela sera nécessaire, à l'action de l'eau, en soulevant le sol au moyen de bacs à rateau et au besoin en draguant. Nous nous servirons du courant pour faire le travail, mais nous dirigerons l'eau dans son travail.

M. LE PRÉSIDENT clôt la discussion et remercie de nouveau au nom de la Société, M. le commandant Roudaire d'avoir bien voulu faire sa communication.

Il a rencontré ici des adversaires, mais tous nos collègues ont été frappés de l'ardeur de ses convictions et de la netteté avec laquelle il a répondu aux objections.

M. LE COMMANDANT ROUDAIRE remercie une dernière fois M. le Président, et les membres de la Société de l'accueil si bienveillant et si sympathique qu'ils ont bien voulu lui faire.

MM. Brocchi et Cohen ont été admis membres sociétaires.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 21 Décembre 1883.

PRÉSIDENCE DE M. Ernest MARCHÉ.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Mirecki.

Il fait part de la nomination de M. Léon Dru comme chevalier de la Légion d'honneur.

Conformément à l'article 17 des Statuts, il est donné communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

M. LOUSTAU indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 15 décembre 1882, de. 1984
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de. 132
2116

A déduire, par suite de décès, démissions et radiations pendant l'année. 79

Nombre total des Sociétaires au 21 décembre 1883. . . 2037

Les recettes effectuées pendant l'exercice de 1883 se sont élevées à :

1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, amendes, vente de bulletins, annonces).	75,707 68		
2° Pour le fonds social inaliénable, 11 exonérations.	6,600 »		88,675 93
3° 5 dons volontaires dont 5000f du legs Le Roy.	6,368 25	12,968 25	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .			17,217 »
Total de ce qui était dû à la Société.			105,892 93

Au 15 décembre 1882, le solde en caisse était de.	15,279 30	103,955 23
Les recettes effectuées pendant l'exercice 1883 se sont élevées à.	88,675 93	
Les sorties de caisse de l'exercice se sont élevées à :		
1° Pour dépenses courantes diverses (impressions, appointements, contributions, assurances, affranchissements, intérêts de l'emprunt, etc.). .	66,007 27	90,436 92
2° Pour achat de 33 obligations sur le fonds courant.	12,037 45	
3° Emploi du fonds du capital inaliénable : Remboursement de 14 obligations.	7,000 »	
4° Achat de 15 obligations au porteur sur le fond inaliénable ayant coûté.	5,392 20	
Il reste en caisse à ce jour..		13,518 31

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante, à la date du 21 décembre 1883.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	8,127 04
2° De 234 obligations du Midi, ayant coûté.	82,362 34
Total du fonds courant.	90,489 38

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces..	5,391 27	16,783 47
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.	6,000 »	
3° 15 obligations au porteur, ayant coûté	5,392 20	
4° Un hôtel dont la construction a coûté.	278,706 90	259,206 90
sur lequel il reste dû.	19,500 »	
Total de l'avoir de la Société.		366,479 75

M. le Trésorier croit devoir signaler à la reconnaissance de la Société ceux de ses membres qui ont contribué aux versements des dons volontaires tant en espèces qu'en obligations désignées par le tirage au sort pour être remboursées :

M. Le Roy Amable, legs par testament.	5,000f 00
M. Pothier, abandon d'une obligation avec intérêts. . .	718 25
M. Gouin Ernest, abandon d'une obligation	500 00
	6,218f 25

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier, ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président remercie M. Loustau, de son zèle et de son dévouement aux intérêts de la Société.

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1876 A 1883.

INDICATIONS.	15 décembre 1876.	21 décembre 1877.	20 décembre 1878.	19 décembre 1879.	17 décembre 1880.	16 décembre 1881.	15 décembre 1882.	21 décembre 1883.
Nombre de Membres....	1346	1420	1526	1577	1800	1922	1984	2037
Membres admis pendant l'Exercice.....	114	109	150	98	264	180	110	132
Membres décédés.....	17	21	18	17	21	24	23	36
Membres démissionnaires	5	3	13	14	7	17	8	17
Membres rayés.....	9	11	13	16	13	17	17	26
Membres exemptés.....	6	9	11	5	3	25	6	10
Exonérations de 600 fr.	5	11	13	9	23	16	7	11
Legs.....	Nozo 6.000f Seguin 5.000f	»	»	Gil Claudio 5.000f	»	»	2 legs à recevoir	Le Roy 5.000f 00
Dons volontaires.....	100	»	»	72f	3.658f 75	6.509f 25	3.128f 50	1.368 25
Encaissements de l'Exercice.....	59.159f 10	55.316f 32	63.612f 65	68.346f 74	81.454 84	89.090f 33	77.373 68	88.675 93
Achat d'Obligations du Midi.....	(21) 10.098f 15	(16) 5.313 60	(29) 10.605 25	(22) 9.552 54	(14) 5.348 50	(26) 10.323 95	(10) 3 730 00	(18) 17.429 65
Remboursement d'Obligations sociales.....	(16) 8.000 00	(16) 8.000 00	(14) 7.000 00	(9) 4.500 00	(20) 10.000 00	(23) 16.500 00	(23) 16.500 00	(14) 7.000 00
Sommes dues.....	18.391 00	18.338 00	16.577 00	11.847 00	13.521 00	12.576 00	15.893 00	17.217 00
Sommes restant en Caisse	29.499 17	12.362 09	18.529 04	19.400 26	21.142 63	17.699 89	15.279 30	13.518 31
Dépenses de l'Exercice..	37.229 88	48.355 25	45.131 10	52.371 27	57.570 43	65.709 12	59.564 27	66.007 27

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1883.

Les élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président.

M. Martin (Louis).

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. De Comberousse (Charles).	MM. Vallot (Henri).
Brüll (Achille).	Moreau (Auguste).
Flachat (Ivan).	Douau (Maximilien).
Courras (Léon).	Des Tournelles.

Trésorier : M. Loustau (Gustave).

COMITÉ.

MM. Mallet (Anatole).	MM. Ermel (Frédéric).
Contamin (Victor).	Carimantrand (Jules).
Rey (Louis).	Degousée (Edmond).
Seyrig (Théophile).	Lavezzari (Émile).
Reymond (Francisque).	Roy (Edmond).
Mathias (Ferdinand).	Fontaine (H.).
Herscher (Charles).	Level (Émile).
Périssé (Sylvain).	Cotard (Charles).
Morandiere (Jules).	Mesnard (Auguste).
Boistel (Louis).	Regnard (Louis).

DONNÉES RELATIVES

AU TRAVAIL DE LA BOSSOYEUSE DUBOIS ET FRANÇOIS

PAR M. A. CLERC.

Je suis heureux de l'occasion qui m'est offerte de venir de nouveau vous dire quelques mots sur la suppression des explosifs dans les mines à grisou et en même temps de vous fournir les chiffres que M. le Président a bien voulu me demander; il me serait du reste impossible de discuter ceux que donne M. Hanarte et qui sont relatifs à une expérience que MM. Dubois et François n'ont pas été appelés à connaître; on sait combien il est difficile de se prononcer sur une expérience et d'en tirer des conclusions. En revanche je puis vous citer, non pas une expérience isolée, mais l'exemple d'exploitations importantes durant depuis plusieurs années et vous donner des chiffres qu'il sera toujours possible aux intéressés de contrôler.

Je citerai d'abord les houillères de Marihaye parce que c'est l'exemple le plus complet et le plus frappant; ces mines qui sont peut-être les plus importantes du bassin de Liège, présentent quatre sièges d'exploitation et produisent 420 à 425 mille tonnes de charbon par an, soit plus de 1,400 tonnes par jour de travail. Eh bien, pour toute cette exploitation, on ne brûle plus un grain de poudre, on n'emploie plus d'explosifs et cela depuis 1880; tout le travail est fait à la bossoyeuse et l'aiguille-coin. Jusqu'à ce jour plus de 3,000 mètres de travers bancs ont été creusés à Marihaye à la bossoyeuse sans poudre.

Voici maintenant, comme chiffres de dépense, quelques exemples des résultats obtenus aux charbonnages de Marihaye pendant l'année courante :

Je dirai d'abord que, par les procédés ordinaires avec l'emploi de la poudre, l'avancement journalier n'y dépassait pas en moyenne $0^{m},70$ le prix du mètre courant étant de 35 à 40 francs, soit une moyenne de 11 francs le mètre cube de roche abattue.

L'emploi de la bossoyeuse et de l'aiguille-coin a donné les résultats suivants :

1er *Exemple.*

Galerie en travers bancs à l'étage de 340 mètres (fosse Pierre Denis).

Longueur de la galerie.	127m,31
Nombre de jours de travail.	139 jours
Avancement moyen journalier	0m,80
Prix moyen payé aux ouvriers par mètre d'avancement.	32 francs
Frais divers par mètre courant (ces frais divers comprennent : l'amortissement du capital; compresseur, chaudières, tuyauterie et bossoyeuse; le charbon et la main-d'œuvre pour la compression de l'air ainsi que la dépense d'huile, l'entretien des appareils, la réparation et l'usure des fleurets)	14 fr. 50
Coût total par mètre courant	46 fr. 50
Section de la galerie	3m,50
Prix du mètre cube de roche abattue.	13 fr. 30

2e *Exemple.*

Galerie en travers banc à l'étage de 350 mètres (fosse Fanny).

Longueur de la galerie.		114m,50
Nombre de jours de travail.		138 jours
Avancement moyen journalier		0m,83
Coût par mètre courant.	main-d'œuvre . .	33 francs
	frais divers	14 fr. 50
	total	47 fr. 50
Section de la galerie.		3m,50
Prix du mètre cube de roche abattue.		13 fr. 60

3e *Exemple.*

Galerie en travers bancs à l'étage de 572 mètres (fosse P. Denis) marchant avec deux bossoyeuses de front.

Longueur de la galerie		111 mètres
Nombre de jours de travail		132 jours
Avancement moyen journalier		$0^{m},84$
Coût par mètre courant.	main-d'œuvre	47 fr. 50
	frais divers	24 fr. 40
	total	71 fr. 90
Section de la galerie		8 mètres
Prix du mètre cube de roche abattue		9 francs

Les résultats montrés dans les trois exemples ci-dessus sont en parfaite concordance avec ceux obtenus aux mines de Blanzy, et que M. Mathet, ingénieur éminent de cette société, a communiqués à la Société minérale dans une note que l'on trouvera publiée dans les comptes rendus mensuels de cette société (numéro de juin 1882).

Je crois ne pouvoir mieux faire que de vous citer ici l'extrait même de cette note donnant les chiffres de dépenses.

. . . . . .

. . . . . .

« J'émettais l'année dernière l'avis qu'on arrivera à remplacer avec avantage la perforation mécanique ordinaire par ce nouveau procédé (bossoyeuse Dubois et François). J'ajouterai aujourd'hui que mes prévisions se sont réalisées, au triple point de vue de l'avancement, de l'économie et de la sécurité.

« Les deux bossoyeuses que les mines de Blanzy possèdent ont été utilisées depuis le mois d'avril de l'année dernière dans des percements au rocher où il eût été impossible de se servir de la poudre pour l'abatage, à cause de la grande quantité de grisou qui se dégageait de plusieurs joints de faille.

« Cette quantité était telle que malgré le volume d'air fourni par deux ventilateurs à air comprimé marchant continuellement et débitant ensemble $1^{m3},60$ d'air par seconde, malgré l'air résultant de l'échappement de la bossoyeuse elle-même, on fut obligé de suspendre le travail, le grisou marquant fortement la lampe en arrière, dans certaines parties de la galerie.

« Il a été exécuté dans ces conditions 150 mètres de galerie, soit en travers bancs, soit en passage de faille, partie dans les schistes assez tendres, partie dans des grès massifs et durs.

« L'abatage s'est toujours fait en travaillant avec le coin sans le secours de la poudre.

« L'avancement total obtenu de 150 mètres a exigé huit mois, ce qui fait un avancement moyen par mois de $18^{m},75$.

« C'est, à très peu près, l'avancement qu'on eût obtenu par les procédés ordinaires d'abatage, en faisant usage de la poudre ; mais c'est certainement trois fois au moins celui qu'on eût pu faire en ne se servant pas de la poudre et en abattant le rocher à la pointerolle et à la masse.

« Le prix payé à l'ouvrier a varié de 25 à 50 francs du mètre et le prix de revient du mètre de galerie tous frais compris, s'est élevé à 70 fr. 30 qui se répartit comme suit :

Main-d'œuvre, mineurs et manœuvre.		$30^{f}\,00$
Fournitures du magasin.	$1^{f}\,00$	
Réparations.	$2^{f}\,10$	$4^{f}\,70$
Ajusteurs	$1^{f}\,60$	
Air comprimé (compris les ventilateurs) $1,625^{m3}$ à $0^{m},02$		$32^{f}\,50$
Entretien des outils		$3^{f}\,10$
		$70^{f}\,30$

« On remarquera que la fourniture d'air comprimé entre pour un chiffre très élevé dans le prix de revient; mais dans les conditions ordinaires où l'aérage aurait pu se faire par une simple gaine ou cloison, le volume d'air comprimé n'aurait pas dépassé 20,000 mètres à la pression de 4 kilos et demi.

« D'un autre côté, le prix du mètre cube d'air à 0 fr. 02 est également très élevé par suite des circonstances indépendantes du travail et aurait pu être réduit de moitié, de sorte que l'on ne peut compter, en marche normale, que 15 mètres cubes d'air par mètre de galerie.

« Dans ces conditions, le prix de revient du mètre d'avancement se réduit à 55 francs et ne doit pas, dans tous les cas, dépasser 60 francs.

« L'avancement mensuel moyen qui a été de $18^{m},75$ peut certainement être beaucoup plus élevé, surtout s'il s'agit d'un travail de longue haleine et si l'on fait la part des tâtonnements et des pertes de temps résultant du maniement d'un nouvel outil.

« Ainsi pendant le mois d'avril, dans une galerie moyennement dure, l'avancement a atteint 24m,20.

« Les ouvriers étaient payés 35 francs du mètre et ils se sont fait des journées de 8 fr. 80 pour huit heures de travail.

Le prix de revient du mètre d'avancement, tout compris, s'est élevé à 46 fr. 65 qui se répartit de la manière suivante :

Main-d'œuvre 24m,20 à 35f	=	847f 00, soit par mètre.		35f 00
Ajusteurs 9f 60				
Entretien des outils 62f 50		132f 10	—	5f 45
Fournitures 60f 00				
Air compr. 15,000m3 à 0,01	=	150f 00	—	6f 20
		1,129f 10	—	46f 65

« On aurait pu, sans inconvénient, réduire à 25 francs le prix du mètre payé aux mineurs ; de sorte que le mètre d'avancement n'aurait coûté que 36 fr. 65.

« Le travail à la bosseyeuse n'exige que deux ouvriers par poste et les réparations consistent à redresser quelques aiguilles et quelques coins.

« On peut donc dire que cet outil est entré dans le domaine de la pratique et qu'il sera toujours d'un très grand secours, chaque fois qu'il s'agira d'ouvrir une galerie au rocher dans des quartiers grisouteux. »

Cas du coupage des voies en veine par la bossoyeuse et l'aiguille-coin.

La bossoyeuse employée dans le coupage des voies permet dans certains cas où l'abatage du charbon est facile, le coupage à des longueurs que ne pourrait atteindre le travail à la main et à la poudre et avec un prix moins élevé.

Le tableau n° 1 rend compte de deux cas de coupage de voies pour lesquels tous les éléments du prix de revient ont été soigneusement relevés pour le travail à la bossoyeuse aussi bien que pour celui à la main et à la poudre.

TABLEAU N° 1

donnant la comparaison de recoupages dans une même couche, l'un à la main, l'autre à la bossoyeuse Dubois et François.

ÉLÉMENTS DE COMPARAISON	ÉTAGE DE 350 MÈTRES		ÉTAGE DE 210 MÈTRES	
	Travail à la POUDRE	Travail à la BOSSOYEUSE	Travail à la POUDRE	Travail à la BOSSOYEUSE
Prix auxquels l'entreprise a été rendue	9f 00	6f 00	8 00	7f 00
Nombre de journées d'ouvriers	22	22	24	24
Nombre de postes	11	11	12	12
Avancement total	18m,00	29m,20	23m,20	27m,00
Avancement par poste	1m,63	2m,65	1m,93	2m,25
Main-d'œuvre par mètre courant	7f 55	6f 00	7f 62	7f 00
Dépenses diverses par mètre courant : Poudre et mèche	1f 45	—	0f 38	—
Dépenses diverses par mètre courant : Air comprimé et amortissements des machines	—	1f 14	—	1f 44
Dépenses diverses par mètre courant : Réparation d'outils main-d'œuvre seulement	0f 03	0f 03	0f 04	0f 04
Prix de revient total par mètre cour.	9f 03	7f 17	8f 04	8f 48

A l'étage de 350 mètres la couche avait 0m,45 de puissance avec une pente moyenne de 25 degrés. La voie était coupée à 1m,80 de hauteur et 1m,70 de large.

A 210 mètres la couche avait 0m,75 de puissance avec une pente moyenne de 25 degrés. La voie était coupée à 1m,80 de hauteur et 2m,20 de largeur.

Le tableau n° 2 rend compte d'une expérience faite aux charbonnages de Marihaye dans le but de démontrer ce que les bossoyeuses peuvent faire, ce à quoi l'on peut arriver en veillant à ce que rien ne les retarde.

Cette expérience a duré douze jours, c'est une démonstration. La planche n°70 donne la coupe des terrains traversés; c'est pendant cette expérience que l'on a constaté le coût et la dépense en air comprimé en se servant du compteur Frager modifié pour cette application.

TABLEAU N° 2

CHARBONNAGES DE MARIHAYE — FOSSE PIERRE DENIS.

Travail à la Bossoyeuse, sans poudre, pendant la quinzaine du 2 au 15 mars 1883.

GALERIES ET BOSSOYEMENTS où les BOSSOYEUSES FONCTIONNAIENT.	AVANCEMENT obtenu.	PRIX du mètre courant tous frais compris.	NATURE des roches traversées.	NOMBRE de jours de travail.	NOMBRE d'heures de travail par jour.	AVANCEMENT moyen par jour.	PRIX MOYEN de la journée d'un ouvrier.
	m.	fr.				m.	r.
Bossoyement de Malgarnie. Est.....	30.50	7.25	Schiste.	12	10	2.54	6.70
Bossoyement de Malgarnie. Ouest.....	35.00	6.85	d°	11	10	3.18	8.40
Bossoyement de Castagnette. Fond.....	20.00	9.70	d°	11	10	1.82	6.35
Bossoyement de 1re fausse voie.....	21.00	9.70	d°	11	10	1.91	6.70
Bossoyement de 2e fausse voie.....	20.00	9.70	d°	11	10	1.82	6.35
Galerie montante de Castagnette, à 512 m.	7.50	43.30	d°	7 ½	20	1.00	7.50
Galerie de Wicha, à 512 m.....	16.75	43.30	d°	12	20	1.39	7.15
Galerie Nord, à 572.....	13.65	67.00	d°	11 ½	20	1.18	7.10
	0.50	110.00	Grès.				
Galerie Sud, à 572 m.....	6.50	95.00	d°	12	20	0.44	9.40
Galerie du 5, à 340 m.....	10.50	43.30	Schiste.	11 ½	20	0.91	6.85
Galerie de Malgarnie vers Castagnette, à 452 m.....	6.50	43.30	d°	11 ½	20	0.74	6.85
	2.00	95.00	Grès.				

N. B. — La galerie nord à l'étage de 572 m. marche à la section de 6m2 avec deux bossoyeuses de front, c'est ce qui lui fait le prix de revient plus élevé par mètre courant.

Voir pour les sections des Galeries, la planche 70.

Un autre avantage résulte, pour la bossoyeuse, de la facilité que procure pour l'aération, la suppression de la poudre et le volume d'air fourni par l'échappement, lequel suffit dans beaucoup de cas largement pour la ventilation, c'est la possibilité de multiplier les points d'attaque. Par exemple, lorsqu'il s'agit de creusement de longues galeries à travers bancs, pour la préparation d'un nouvel étage d'exploitation en profondeur, on attaque le travail par deux côtés à la fois : d'un côté par le puits d'extraction et de l'autre par un puits secondaire creusé dans une couche de charbon. Au fond de ce puits secondaire on établit deux points d'attaque en même temps que l'on conserve celui du puits d'extraction. De cette façon on obtient des avancements triples, c'est-à-dire équivalents à ceux de la mécanique et de la poudre.

Dans ma précédente communication sur la bossoyeuse j'avais surtout en vue de faire ressortir les avantages qu'elle offre pour la suppression de la poudre dans les mines à grisou et j'ai, à dessein, négligé d'insister sur l'économie qu'elle présente pour le travail au moyen des explosifs, économie qui résulte de sa grande puissance de perforation et de la facilité qu'elle présente pour creuser des rainures ou havages ; on trouvera dans la *Revue Minérale*, numéro du mois de juin 1882, des chiffres relatifs au creusement du tunnel de la Perucca, en Espagne, qui vient d'être exécuté dans ces conditions par MM. Dubois et François.

D'après les résultats acquis, on peut estimer que, pour le cas du creusement d'un long tunnel de chemin de fer, en employant deux bossoyeuses de front, on obtiendrait des avancements supérieurs à ceux connus jusqu'à ce jour, et cela avec des installations de machines fort simples, peu coûteuses, d'une conduite et d'un entretien facile.

NOTICE

SUR LE

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE LA SUISSE

PAR M. R. GUISAN.

I

Historique.

Les ingénieurs suisses étaient obligés de prendre pour base des nivellements qu'ils étaient appelés à exécuter, et cela surtout au début des études de chemins de fer, des repères situés sur les frontières des États voisins et dont le plan de comparaison était différent. On comprend la confusion qui en résultait.

En mars 1833, la commission de la Carte topographique suisse [1], sous la présidence de M. le général G.-H. Dufour, convint d'adopter pour azimut de départ, celui d'une sommité du Jura, le *Chasseral*, et qui avait été fixé à 54° 48′ 25″ 6, c'était, au dire de M. Delcros, chef d'escadron de l'état-major français, l'azimut le plus exact qui existât en Europe. L'altitude du Chasseral, fixée à 1,609^{m},57 par les ingénieurs français, en partant de divers points de premier ordre de leur grand réseau trigonométrique, fut également prise pour base des nivellements géodésiques suisses. Ce repère, rattaché au repère fondamental de la Suisse occidentale, qui est la plaque de bronze scellée dans la plus basse des deux pierres du Niton, dans le port de Genève, lui assignait la cote de 376^{m},640.

1. Elle se composait d'un astronome, de deux ingénieurs géographes et de deux officiers supérieurs de l'état-major fédéral.

D'un autre côté, les officiers de l'état-major français, chargés de la carte topographique de la France, partaient du niveau moyen de l'Océan, observé avec le plus grand soin par M. le lieutenant-colonel Corabeuf, qui arrivait lui-même sur le repère d'une autre sommité du Jura, la *Dôle*, avec la cote 1,680^m,85. Cette opération refaite dès lors par MM. Henri et Delcros donna l'altitude de 1,680^m,93.

En 1829 M. le lieutenant-colonel Filhon détermina par un nivellement géodésique la différence de hauteur entre la Dôle et la pierre du Niton et trouva 1,304^m,012; la cote de ce dernier repère était donc :

$$\begin{array}{r} 1{,}680^m{,}850 \\ -\ 1{,}304^m{,}012 \\ \hline 376^m{,}838 \end{array}$$

Par lettre du 13 février 1833, M. Filhon annonça que dans ses opérations il ne s'était pas toujours servi de la formule

$$d\,\mathrm{N} = \mathrm{K}\cos\Delta + 0{,}0000000658\,k^2,$$

mais que, pour de mêmes heures d'opération et dans des circonstances atmosphériques semblables, il avait employé la formule suivante, plus précise, et qui élimine le coefficient de réfraction terrestre :

$$d\,\mathrm{N} = \frac{\mathrm{K}\sin\frac{1}{2}(\delta' - \delta)}{\cos\frac{1}{2}(\delta' - \delta + \varphi)}$$

dans laquelle :

$d\,\mathrm{N}$ = la différence de niveau des deux points ;
K = la distance horizontale — ;
Δ = l'angle du rayon visuel avec la verticale ;
δ' et δ = les distances au zénith, réduites au sommet ;
φ = le côté K réduit en arc,

mais qu'en l'employant en 1829 il avait négligé φ.

Il aurait dû employer l'équation :

$$\varphi = \frac{\mathrm{K}}{a\sin 1''}\left(1 - e^2\overline{\sin^2}\,\mathrm{L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

dans laquelle :

a = le demi-grand axe de l'ellipse génératrice du sphéroïde;
e^2 = le carré de l'excentricité des méridiens terrestres;
L = la latitude.

En l'appliquant, on trouverait alors pour le repère de la pierre du Niton 376m,668.

Un premier nivellement de M. Bourdaloue, partant du zéro[1] de l'échelle des marées dans le vieux port de Marseille donnait l'altitude de 160m,183 au zéro de l'échelle du pont de Tilsitt à Lyon et celle de 374m,516 au repère de la pierre du Niton.

Une décision ministérielle du 13 février 1860 ayant fixé pour plan de comparaison du nivellement général de la France, le niveau moyen de la Méditerranée à Marseille, soit à 0m,40 au-dessous du zéro de l'échelle de Marseille, cela donnait l'altitude de 374m,116 au repère de la pierre du Niton.

En 1862, M. Bourdaloue refit avec toute la précision qu'on lui connaît, le nivellement de Marseille à Lyon, qui poussé jusqu'à Genève donna 374m,052 pour le repère de la pierre du Niton, chiffre qu'il considère comme exact.

Le relevé fait en 1862 de l'altitude de la mer moyenne dans dix-neuf ports de l'Océan et de la Manche, a montré que l'Océan est de 0m,80 au-dessus du niveau moyen de la Méditerranée, c'est donc 0m,80 à retrancher de 374m,052 pour avoir l'altitude du repère de la pierre du Niton au-dessus de l'Océan, soit 373m,252.

Ainsi, pour la cote du repère de la pierre du Niton, rapportée à quatre plans de comparaison pour la France seulement, on a :

374m,452 rapportée au zéro du port de Marseille;
374m,133 rapportée au zéro moyen de la Méditerranée dans les quatre ports de Nice, Toulon, Marseille et Cette.
374m,052 rapportée au niveau moyen officiel de la mer dans le port de Marseille.
373m,252 rapportée au niveau moyen de la mer dans dix-neuf ports du littoral français sur l'Océan et sur la Manche.

1. Ce zéro est à 0m,10 au-dessus des plus basses mers connues, à 0m,40, au-dessous du niveau moyen et à 1 mètre au-dessous des hautes mers.

Nous aurions encore toute une autre série d'altitudes pour ce repère en le rattachant aux plans de comparaison des nivellements allemands, autrichiens ou italiens.

On voit combien le réseau hypsométrique suisse était peu homogène et l'impossibilité de faire concorder entre eux ses divers éléments et à les relier aux réseaux des pays voisins, aussi la commission hydrométrique de la Société helvétique des sciences naturelles, par l'organe de son président, M. le professeur Ch. Dufour, demandait-elle au Département fédéral de l'Intérieur par rapports du 25 novembre 1863 et du 18 août 1864 : 1° de fixer pour la Suisse comme pour la France le plan de comparaison au niveau moyen de la Méditerranée à Marseille; 2° de nommer une commission chargée d'examiner et de décider les corrections à apporter aux altitudes suisses; 3° de faire établir dans les principaux bassins hydrographiques de la Suisse, des repères métalliques qui pussent traverser les âges sans risquer d'être déplacés ou de disparaître.

Le Département renvoya la demande à la Commission géodésique nommée par la Société helvétique des sciences naturelles, qui discuta la question et donna lieu à un rapport détaillé[1] de M. Ad. Hirsch, directeur de l'Observatoire de Neuchâtel et voici les conclusions adoptées par cette Commission et soumises à l'approbation du Département fédéral de l'Intérieur le 24 avril 1864 :

1° Le plan général de comparaison pour tous les nivellements suisses, sera celui qui passe par la plaque de bronze de la pierre du Niton, à Genève ;

2° Le moment n'étant pas encore venu où l'on pourra corriger avec sûreté les altitudes suisses, et le choix de la mer dont le niveau moyen servira de plan général de comparaison, devant, dans l'intérêt de la science, être réservé à une commission géodésique internationale, la question des hauteurs absolues reste suspendue pour le moment;

3° La Confédération fait rassembler, comparer et vérifier tous les nivellements qui ont été exécutés pour les chemins de fer suisses;

4° La Confédération fera exécuter un nivellement de précision entre Genève-Bâle-Lucerne-Romanshorn. Le long de ces lignes de nivellement on établira des points de repère, pareils à celui de la pierre du

1. Voir *Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft*, 48° *Versammlung in Zurich*. 1864, p. 177.

Niton; celui de Bâle sera rattaché par un nivellement à un repère du réseau français et au nivellement badois; celui du lac de Constance aux réseaux des États limitrophes; enfin, à partir de Lucerne, le nivellement sera continué, aussitôt que faire se pourra, jusqu'au canton du Tessin, où il sera rattaché au réseau italien. On comparera partout le long de la ligne de nivellement les anciennes hauteurs trigonométriques aux nouvelles cotes de nivellement; enfin on reliera trigonométriquement et par nivellement le Chasseral à une des stations du réseau suisse ainsi qu'à une des stations frontières, faisant partie du réseau français.

La Commission chargea en même temps M. Hirsch de proposer des mesures analogues à la conférence géodésique internationale qui eut lieu à Berlin en septembre 1864, afin d'obtenir dans toute l'Europe centrale un vaste réseau de nivellement de précision reliant entre elles les différentes mers. La conférence prit, à la suite de cette proposition, la résolution suivante :

« Il est à désirer que, dans les pays qui prennent part à l'entreprise géodésique internationale, on exécute — à côté des déterminations trigonométriques de hauteurs — des nivellements de premier ordre, en employant la méthode du nivellement depuis le milieu, et en ménageant le contrôle nécessaire par la combinaison polygonale des stations.

« On suivra de préférence, pour ces opérations, les lignes de chemins de fer, les canaux, les routes, etc. — Dans chaque pays, les hauteurs seront rapportées à un seul point zéro solidement établi. Tous ces points de départ seront reliés entre eux par un nivellement de précision. — Le niveau moyen des différentes mers doit être déterminé dans le plus grand nombre possible de ports et de préférence au moyen d'appareils enrégistreurs. Les points zéro des échelles de port doivent être compris dans le nivellement de premier ordre. — D'après les résultats de toutes ces mesures, on choisira plus tard le plan général de comparaison pour toutes les hauteurs de l'Europe. »

Ainsi, et sur l'initiative de la Suisse, l'exécution de nivellements de précision fut décidée pour la plupart des pays de l'Europe.

Tel est l'historique du nivellement de précision de la Suisse, qui,

commencé en juillet 1865, fut organisé par la Commission géodésique fédérale et exécuté sous la direction de MM. A. Hirsch et E. Plantamour. Il s'achèvera cette année (1884).

Nous allons indiquer les méthodes employées et les résultats obtenus à ce jour.

II

Instruments.

Pour des nivellements de précision, il faut employer la méthode du nivellement depuis le milieu, parce qu'elle rend les résultats indépendants, non seulement des erreurs instrumentales, mais aussi de l'influence de la dépression de l'horizon et de la réfraction. On l'employa exclusivement, mais comme dans la pratique il faut se contenter d'une égalité approximative entre les distances de la mire dans la station en arrière et en avant de l'instrument, telle qu'on peut l'obtenir en comptant les pas, puis dans les pentes un peu fortes, la différence entre la distance en arrière et la distance en avant peut devenir assez considérable; on a donc fait construire les instruments de manière que la lecture de la mire donnât en même temps la distance avec une exactitude suffisante et que l'on pût déterminer les erreurs instrumentales avec facilité et à chaque instant. Dans ces conditions on peut éliminer au moyen du calcul l'influence des erreurs instrumentales. Les instruments, construits par Kern, à Aarau, sont du type Ertel, de Munich, avec quelques modifications.

En principe on avait admis que l'erreur d'un coup de niveau ne devait pas dépasser $0^m,001$ à une distance de 100 mètres, ce qui donne $2''$ d'arc pour limite d'erreur, il a donc fallu se servir de lunettes un peu fortes et de niveaux très sensibles. Les lunettes ont 15 lignes d'ouverture et 15 pieds de distance focale; leurs oculaires astronomiques grossissent 42 fois.

Les niveaux sont d'Ertel divisés en 20 parties, dont chacune de la longueur d'une ligne, correspond à $3''$ environ, on évalue facilement les dixièmes des divisions et leur sensibilité est au-dessous de $1''$. Chaque division du niveau a été vérifiée au cercle méridien de l'Observatoire de Neuchâtel. Les lunettes sont munies de 3 fils horizontaux formant

stadia et dont la distance angulaire était soigneusement déterminée. L'angle sous-tendu par 2 fils était d'environ de 3′, 30″.

Les *mires* sont en sapin très sec, longues de 3 mètres, larges de $0^m,08$ épaisses de $0^m,022$ avec une nervure dorsale de $0^m,048$ d'épaisseur et de $0^m,020$ de largeur. La division est en centimètres, alternativement noirs et blancs, larges de $0^m,032$ et les numéros sont inscrits au bord; d'un côté les numéros pairs, de l'autre les impairs. Elles sont pourvues, d'un niveau d'eau et d'un fil à plomb. Leur extrémité inférieure est munie d'un éperon cylindrique en fer, qui peut entrer librement dans un trou correspondant, percé dans une plaque de fonte assez lourde et portant à sa partie inférieure des pointes peu saillantes. Le porte-mire la pose sur le sol et la fixe solidement à coups de talon en la rendant bien horizontale. On peut alors faire pivoter la mire sans qu'elle ne se déplace pendant le retournement entre le coup avant et le coup arrière. Il va sans dire que sur les repères on fait reposer directement l'éperon sur le point.

Enfin, dans des conditions défavorables, de vent ou de terrain, la mire est placée dans une espèce de trépied qui en maintient la verticalité.

III

Constantes instrumentales et longueur des mires.

Il est important de déterminer au début de la campagne et de vérifier à la fin, les constantes de l'instrument et cela avec une précision telle, que dans les cas extrêmes, c'est-à-dire que pour la plus grande distance de la mire et pour la plus forte inclinaison de la lunette, qui pussent se rencontrer, l'incertitude des corrections ne dépassât pas $0^m,0001$.

Les constantes qu'il s'agit de déterminer sont au nombre de trois : 1° la valeur angulaire d'une partie du niveau; 2° la réduction angulaire de la moyenne des trois fils au fil du milieu; 3° la distance angulaire des deux fils extrêmes.

1° *Valeur angulaire d'une partie du niveau.* — On fixait, au moyen d'une monture spéciale, le niveau à l'un des rayons du cercle méridien de l'Observatoire, qui a $0^m,90$ de diamètre et est divisé de 2 en 2 mi-

nutes, les microscopes donnant au tambour du micromètre la seconde d'arc. On examine d'abord la régularité de la courbure des niveaux en faisant parcourir à la bulle d'air toute l'étendue de la division, trait par trait en changeant l'inclinaison du cercle au moyen de la vis de rappel et en lisant chaque fois à deux microscopes le déplacement du cercle. Les niveaux d'Ertel ont été trouvés parfaitement réguliers et la valeur d'une division de 3″,133 pour un niveau, de 2″,801 pour un second, de 3″,387 pour un troisième.

2° *Réduction angulaire de la moyenne des trois fils.* — Pour cette détermination, on plaçait la mire à des distances mesurées et, variant de 10 à 100 mètres et on notait, pour chacune des distances, la position des trois fils sur la mire, en l'évaluant jusqu'à un demi-millimètre près et en notant l'indication du niveau. Cette opération fut répétée très souvent en changeant chaque fois un peu la hauteur de l'instrument.

On a trouvé de cette manière pour l'instrument I :

A^1 = distance entre le fil infér. et le fil du mil. = 207″,3262
A^2 = distance entre le fil du mil. et le fil supér. = 211″,3813

$A^1 + A^2$ = dist. entre le fil infér. et le fil supér. = 418″,7075 ± 0″,141

Il en résulte pour la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu :

$$\frac{A^2 - A^1}{3} = + 1'',3506 \pm 0'',028$$

et pour l'instrument II :

$$A' = 202'',011$$
$$A^2 = 213'',142$$
$$A^1 + A^2 = 415'',153 \pm 0'',083,$$

et pour la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu :

$$\frac{A^2 - A^1}{3} = 3'',710 \pm 0'',060.$$

On voit que ces déterminations sont plus que suffisamment exactes. Pour la détermination de la distance de la mire au moyen du nombre

de centimètres embrassés sur la mire par les fils extrêmes, si ce nombre est appelé c, on a :

$$D = c.\ cotg.\ A.$$

Pour qu'à 100 mètres une erreur sur la valeur de A ne produise pas une erreur d'un demi-mètre (soit le $\frac{1}{200^e}$ de sa valeur) il suffit que A soit également connu à $\frac{1}{200^e}$ près de sa valeur, soit à 2″ environ et l'on voit que cette valeur est appréciée à $\frac{1}{10}$ de seconde près pour chaque instrument. L'erreur n'est donc que d'un demi-mètre pour 2 kilomètres en calculant cette distance par la somme des c dans les coups de niveau consécutifs.

Quant à la réduction au fil du milieu que l'on calcule par la formule :

$$R = c.\ cotg.\ A.\ tg\ \frac{A_2 - A_1}{3}$$

on voit que même pour une distance de 100 mètres, alors que $c = 20$, l'incertitude n'est que de $0^m,002$; donc pour l'avoir à $0^m,001$ près, il suffisait de connaître $\frac{A^2 - A_1}{3}$ à un vingtième de sa valeur et l'erreur n'est que de un soixantième de cette quantité.

Enfin pour la correction de la lecture des mires, soit à cause de l'inclinaison, soit à cause des erreurs instrumentales elle s'obtient par la formule :

$$X = I \times c\ cotg\ A \times tg\ 1''$$

dans laquelle I représente l'inclinaison de la lunette, soit la somme des corrections instrumentales $C + p + i$,

C = collimation de l'axe optique,

p = erreur de parallélisme due aux tourillons,

i = erreur du niveau ;

les cas extrêmes qui peuvent se rencontrer sont une valeur de :

$$I \text{ ou de } C + p + i = 20''$$

et de : $C + cotg.\ A$ (ou de la distance) = 100 mètres.

Dans ce cas X reste encore au-dessous de 0,01, et pour que l'incer-

titude sur la valeur de A ne produise pas une erreur de $0^m,0001$, soit de 1/100 de la valeur de x il suffit que a soit connu à 1/100 près de sa valeur, tandis que l'erreur sur sa détermination est au-dessous de 1/4000. — On voit donc que toutes les constantes ont été déterminées avec une précision plus que suffisante.

Ces constantes ont permis de dresser trois tables de réduction des opérations.

La *première* est destinée à donner la distance D de la mire, avec l'argument c (le nombre de centimètres embrassés sur la mire par les fils extrêmes) d'après la formule $D = c.\ cotg\ A$; qui devient exprimée en nombres.

pour l'instrument I $\quad D = C \times 5^m,043$
— II $\quad D = C \times 4^m,968$

Dans cette table l'argument va de millimètre en millimètre depuis $0^m,001$ à $0^m,300$, ensuite de centimètre en centimètre depuis 0.300 à 1 mètre, puis de dix centimètres en dix centimètres depuis 1 mètre à 5 mètres, enfin de mètre en mètre jusqu'à $C = 10^m,000$. Les distances sont données au dixième de mètre près.

La *seconde* table donne la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu, d'après la formule :

$$R = c\ cotg.\ A.\ tg\left(\frac{A^2 - A^1}{3}\right)$$

la réduction R exprimée en dixièmes de millimètres sera pour chaque valeur de c

pour l'instrument I $\quad R = c \times 1.023$
— II $\quad R = c \times 0,894$

L'argument va de centimètre en centimètre depuis $c = 0^m,010$ jusqu'à $c = 0^m,300$ et la réduction est exprimée en dixièmes de millimètres. Elle est pour les deux instruments positive dans la position normale de la lunette.

La *troisième* table, à double entrée, donne les corrections à appliquer aux lectures de la mire, soit à cause de l'inclinaison, soit à cause des erreurs instrumentales, d'après la formule :

$$X = I \times c\ cotg\ A \times tg\ 1''$$

si on exprime I en parties P du niveau, la correction X, exprimée en dixièmes de millimètres devient

pour l'instrument I $\quad X = c \times P \times 0,68484$
— II $\quad X = c \times P \times 0,81613$

L'argument c va de centimètre en centimètre depuis $c = 0^m,010$ jusqu'à $c = 0^m,300$; et l'autre argument P va de demi-dixième en demi-dixième d'une partie du niveau, depuis $P = 0.05$ jusqu'à $P = 10,00$.

Nous dirons encore qu'avec la méthode d'opération adoptée on pouvait négliger la réduction à l'horizon vrai, pour tenir compte de la dépression sphérique et de la réfraction. En effet, car on sait que si :

D = la distance de la mire,
r = le rayon de la terre,
k = la constante de réfraction

on a pour la réduction à l'horizon vrai :

$$y = (1 - 2\,K)\frac{D^2}{2r}$$

mettant : $r = 6,366,000$ mètres
$k = 0,653$ (d'après Gauss)

on obtient :

$$y = 0^{mm},\ 000068284 \times D^2$$

ainsi, même pour une distance de la mire de 100 mètres, la correction pour la réduction à l'horizon vrai ne serait que de $0^m,00068$.

Dans le cas où l'instrument n'aurait pas été placé exactement à la même distance de la mire, dans la station arrière et dans celle en avant, si l'on appelle :

P = la différence des deux distances de la mire,
d = la plus petite des deux distances

on a pour calculer la valeur de cette réduction sur la différence de niveau des deux stations, l'expression :

$$y = 0^{mm},000068284\ (\delta^2 + 2\delta d)$$

Or comme la distance de la mire n'a jamais dépassé 80 mètres et que le règlement prescrit que jamais la différence entre les deux distances de la mire en avant et en arrière ne doit atteindre 10 mètres, on a dans les conditions les plus défavorables :

$\delta = 10$ mètres; $d = 70$ mètres,

d'où : $y = 0^m,000102$.

On voit ainsi que la réduction à l'horizon vrai peut être négligée.

Il en est de même, quant à l'influence que pourrait avoir une variation de la réfraction, suivant la direction dans laquelle la mire peut être placée, en arrière ou en avant, car on a pour la correction due à la réfraction seule :

$$y' = \frac{K}{r} D^2$$

ce qui donne pour

D = 50 mètres ; $y' = 0^m,000025$

et pour D = 100 mètres ; $y' = 0^m,0001$.

On voit donc qu'un changement de la réfraction même entre les limites extrêmes qu'il peut présenter, resterait sans influence sensible sur les opérations.

Longueur des mires.

C'est là un élément des plus importants dans un nivellement et aussi MM. Hirsch et Plantamour ont-ils mis un soin et une sollicitude extrêmes à déterminer rigoureusement, plusieurs fois chaque année, la longueur des mires avant et après la campagne. Ces vérifications comportaient d'abord la longueur absolue des mires, puis leur équation.

Pour obtenir *l'équation des deux mires*, que nous désignerons par les chiffres I et II, ces messieurs avaient scellé dans les rochers qui s'étendent devant l'observatoire de Neuchâtel, deux repères en bronze à une différence de niveau de $2^m,90$ environ. On plaçait l'instrument également sur le roc et à une distance parfaitement égale des deux repères (30 mètres) puis on mesurait très exactement la différence de niveau des deux repères avec la mire I en faisant à plusieurs reprises varier la hauteur de l'instrument. La mire était rigoureusement verticale et tenue fixe dans son trépied. On faisait ensuite la même opération en employant la mire II. On trouvait, par exemple, pour différence de niveau entre ces deux repères :

avec la mire I. $2^m,902756 \pm 0^m,000090$

— II. $2^m,903969 \pm 0^m,000092$

d'où l'on tirait l'équation de la longueur des deux mires :

$$I - II = -0^m,001255 \pm 0^m,000128,$$

dont I était plus longue que II.

La *longueur absolue* des mires se vérifiait sur l'étalon de la Confédération au moyen d'un comparateur spécial. L'on put constater la bonne division des mires car on trouva comme erreur de division d'un centimètre :

$\pm 0^m,000018$ pour la mire I
$\pm 0^m,000015$ — II.

L'étalon de Berne sera comparé cet hiver (1883-1884) avec celui de Paris. Puis, lorsque tout le nivellement sera achevé, soit l'année prochaine, on établira les cotes définitives du nivellement au moyen de cotes compensées par le facteur qui résultera de l'étalonnage de la règle de Berne.

Tableau des comparaisons des mires à l'étalon de Berne.

DATES	MIRE I			MIRE II			ÉQUATION DES MIRES	
	Température.	Longueur de 1 mètre.	ε Erreur moyenne.	Température.	Longueur de 1 mètre.	ε	Par mètre.	ε
			± m/m			± m/m	+ m/m	± m/m
1867. 18 mars.	14°,1	1m,000706	0 ,003	15°,0	1m,000302	0 ,003	0 ,404	0 ,004
1868. 20 avril.	9 ,9	1 ,000493	0 ,003	10 ,1	1 ,000131	0 ,003	0 ,362	0 ,004
1868. 7 mai.	17 ,8	1 ,000562	0 ,003	17 ,9	1 ,000179	0 ,003	0 ,383	0 ,004
1868. 15-20 mai.	19 ,1	1 ,000607	0 ,003	20 ,4	1 ,000214	0 ,003	0 ,393	0 ,004
1869. 20-21 mai.	18 ,0	1 ,000700	0 ,018	17 ,9	1 ,000318	0 ,024	0 ,382	0 ,020
1870. 21-22 janv.	10 ,1	1 ,000778	0 ,005	11 ,4	1 ,000433	0 ,139	0 ,345	0 ,006
1871. 23 janv.	11 ,9	1 ,000771	0 ,009	11 ,9	1 ,000367	0 ,073	0 ,404	0 ,015
1872. 30 mars.	13 ,25	1 ,000747	0 ,005	13 ,9	1 ,000309	0 ,015	0 ,438	0 ,007
1872. 19-20 déc.	11 ,4	1 ,000726	0 ,004	11 ,6	1 ,000389	0 ,095	0 ,337	0 ,004
1873. 12 déc.	5 ,7	1 ,000845	0 ,005	7 ,2	1 ,000459	0 ,004	0 ,386	0 ,006
1874. 15 mai.	9 ,8	1 ,000735	0 ,004	10 ,4	1 ,000390	0 ,008	0 ,345	0 ,009
1874. 3-4 déc.	10 ,99	1 ,000827	0 ,003	11 ,26	1 ,000491	0 ,006	0 ,336	0 ,006
1875. 10 sept.	20 ,55	1 ,000697	0 ,004	20 ,15	1 ,000338	0 ,006	0 ,359	0 ,007
1878. 14-15 juin.	19 ,0	1 ,000692	0 ,006	18 ,6	1 ,000325	0 ,010	0 ,367	0 ,012
1879. 1er avril.	12 ,0	1 ,000703	0 ,008	12 ,0	1 ,000336	0 ,009	0 ,367	0 ,012
1880. 23 nov.	11 ,2	1 ,000759	0 ,002	11 ,5	1 ,000377	0 ,007	0 ,382	0 ,007
1881. 18 nov.	14 ,1	1 ,000702	0 ,005	13 ,95	1 ,000382	0 ,007	0 ,320	0 ,008
1882. 2 juillet.	19 ,7	1 ,000724	0 ,003	20 ,44	1 ,000315	0 ,006	0 ,409	0 ,007
MOYENNE.	. . . . .	1 ,000710	0 ,005	. . . . .	1 ,000336	0 ,005	0 ,373	0 ,008
Moyenne des obs. de 16 ans en tenant compte des comparaisons de Berne et de celles de Neuchatel.	. . . . .	1 ,000712	0 ,014	. . . . .	1 ,000334	0 ,014	0 ,369	0 ,009

Des comparaisons faites, il ne me semble pas que l'humidité influe sur la longueur des mires, car quelquefois on a trouvé la plus faible longueur les jours de pluie, ce qui peut s'expliquer par la forte couche de vernis qui recouvre les mires. La variation de longueur ne saurait être attribuée qu'en très faible partie à la température car dans les observations, les plus grandes valeurs ne correspondent pas à la plus haute température. Les résultats recueillis semblent en outre démontrer que la variabilité des mires n'est, en aucune façon, proportionnelle à la durée de l'intervalle qui s'est écoulé d'une comparaison à l'autre. Enfin ces observations ne montrent pas non plus de variations systématiques, permettant de supposer un changement progressif dans la longueur des mires, qui varie accidentellement, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Voici le tableau des différentes valeurs de la longueur des mires qui ont été adoptées pour la réduction des observations, mais il est bien entendu que lorsque ce nivellement de précision sera entièrement terminé, on fera la compensation de tout le réseau afin d'établir les cotes définitives et absolues et que toutes ces données seront reprises depuis l'origine des opérations pour en déduire les valeurs définitives des mires, et pour recalculer avec ces valeurs la réduction de tous les nivellements exécutés avec ces mires.

Coefficients adoptés pour le calcul des nivellements.

Années.	Mire I.	Mire II.
1865 à 1867	1,000,592	1,000,2065
1868 à 1869	1,000,641	1,000,263
1870 à 1872	1,000,677	1,000,294
1873 à 1879	1,000,697	1,000,317
1880 à 1882	1.000,697	1,000,317

IV

Méthode d'opération.

La Commission avait posé en principe de *séparer complètement l'observation du calcul.* Les opérations sur le terrain sont faites par des ingénieurs capables, ils doivent les exécuter selon un règlement dont

nous donnerons les dispositions essentielles. Ils envoient régulièrement les feuilles originales des observations et des copies collationnées aux deux observatoires de Genève et de Neuchâtel, où les réductions et calculs sont faits à double. Pour simplifier le travail et réduire la dépense on a choisi le système des polygones, dont la clôture donne une garantie presque équivalente à la méthode du double nivellement. Il va sans dire que toute ligne qui ne peut pas être comprise dans un polygone, est nivelée à double et d'une manière indépendante. De même lorsqu'un polygone a montré une erreur de clôture au-dessus de :

$$0^m,003\sqrt{K}$$

K = le nombre de kilomètres compris dans le contour du polygone, on fait répéter les sections douteuses jusqu'à ce qu'un accord satisfaisant soit obtenu. La même limite d'erreur a été admise pour l'accord entre deux nivellements d'une même ligne.

Voici maintenant les *dispositions principales du règlement* d'après lequel les opérations sont exécutées.

1° Le nivellement est fait autant que possible depuis le milieu, c'est-à-dire l'observateur aura soin, en faisant compter les pas au porte-mire, que les deux stations consécutives de la mire soient à des distances de l'instrument aussi égales que possible. La différence de ces deux distances ne doit jamais dépasser 10 mètres.

2° Les coups de niveau se donnent en moyenne aux distances suivantes :

a) Sur les chemins de fer dont les pentes ne dépassent pas 1 pour 100. . . . , ... à 100m. —
b) Sur les chemins de fer à plus fortes rampes. . . à 50m. — 100m.
c) Sur les grandes routes de la plaine. . . . . à 30m. — 60m.
d) Sur les routes de montagnes. . . . . à 10m. — 25m.

3° Les mires doivent être placées sur les plaques qui les accompagnent. Elles doivent être rendues verticales au moyen du niveau à boîte et du fil à plomb. L'ingénieur vérifie chaque jour le niveau au moyen du fil à plomb, et le porte-mire se sert ensuite du niveau à boîte. Lorsqu'il fait du vent, les mires doivent être fixées dans leurs trépieds et y être ajustées verticalement. Les ingénieurs doivent se procurer des porte-mires capables et consciencieux.

4° L'instrument à niveler doit toujours être abrité du soleil pendant les opérations ; il est transporté de station en station sans être démonté.

5° L'ingénieur détermine les trois erreurs instrumentales au commencement et à la fin de chaque série d'observations, c'est-à-dire après avoir monté l'instrument et avant de le démonter, et en tous cas au moins une fois par jour. Si l'instrument a été dérangé par un choc, ou tel autre accident, il faut en déterminer à nouveau les corrections.

6° Ces trois corrections sont : *a*) la collimation de l'axe optique ; *b*) le défaut de parallélisme entre l'axe de figure et l'axe optique de la lunette, provenant de l'inégalité des tourillons ; *c*) l'erreur du niveau.

a) *Collimation de l'axe optique.* Il se détermine en tournant la lunette de 180° autour de son axe ; la mire placée à environ 50 mètres est observée dans ces deux positions, l'indication du niveau étant notée chaque fois. On commence par l'observation dans la position normale de la lunette, ensuite on la tourne de 180° et enfin on répète l'observation dans la première position. Si la collimation dépasse 5″, ce qui suppose une différence de 0ᵐ005 entre les lectures faites dans les deux positions, la distance de la mire étant 100 mètres l'ingénieur la corrigera au moyen des vis du réticule.

b) *L'inégalité des tourillons* se détermine en retournant la lunette bout à bout, dans ses coussinets, et en faisant la lecture dans ces deux positions, sans toucher du reste à l'instrument. On commence par la position normale de la lunette, on la retourne et on nivelle une seconde fois dans la première position.

c) En retournant, dans chacune de ces dernières opérations, le niveau sur la lunette, on obtient en même temps trois déterminations de la correction du niveau, dont on prend la moyenne. Si cette erreur dépasse deux divisions du niveau, l'observateur la réduira dans ces limites au moyen des vis de correction.

Tous les détails de ces déterminations d'erreurs doivent être inscrits, comme les observations elles-mêmes, dans les carnets qui sont envoyés aux membres de la commission chargés des réductions.

7° Chaque fois qu'on met l'instrument en station, on commence par

rendre son axe vertical au moyen des vis à caler, de telle sorte qu'on puisse faire faire à la lunette le tour de l'horizon sans que la bulle du niveau parcoure un grand nombre de divisions. On finit par rendre la lunette horizontale au moyen de la vis d'élévation. L'inclinaison au moment de la lecture ne doit pas dépasser ordinairement trois divisions du niveau (9″) et jamais cinq divisions.

8° L'observation se fait dans l'ordre suivant :

a) Après avoir rendu la lunette horizontale et après avoir amené le fil vertical de la lunette sur la ligne du milieu de la mire, l'observateur note d'abord l'indication du niveau lorsque ce dernier est devenu stationnaire ; il inscrit toujours en premier lieu et dans la colonne de gauche, la lecture du côté de l'oculaire, puis, à droite, celle du côté de l'objectif, en évaluant les dixièmes de division de niveau.

b) Sur l'avis du porte-mire que la mire est verticale, l'ingénieur fait la lecture de la position des trois fils sur la mire, en commençant par le fil inférieur et en évaluant la fraction du centimètre en millimètres et le cas échéant en fractions de millimètre. Après avoir inscrit les trois lectures, il s'assure, en prenant à vue d'œil leur différence, s'il ne s'est point trompé dans le centimètre, pour pouvoir au besoin rectifier l'erreur.

c) Enfin l'observateur fait une seconde fois la lecture du niveau et l'inscrit au-dessous de la première.

9° Toutes ces observations sont écrites telles quelles, au fur et à mesure qu'elles sont faites, dans un carnet qui est remis par la commission. Dans les coups de niveau consécutifs, les stations en arrière de la mire, sont désignés par a_1, a_2, a_3, etc., et les stations en avant par b_1, b_2, b_3, etc. La première station, en arrière est toujours un repère sur lequel la mire est placée reposant sur son éperon sans l'intermédiaire de la plaque. Le dernier coup en avant se donne également sur un repère. Chaque soir l'ingénieur fait une copie exacte et collationnée des observations de la journée et aussitôt qu'il arrive à portée d'un bureau de poste, il envoie les observations détachées du carnet à l'observatoire de Neuchâtel, et quand il a reçu l'avis de leur réception, il envoie les copies à l'observatoire de Genève.

10° Les opérations doivent être continuées sans interruption pendant

la bonne saison, sauf les jours de pluie et de fort vent. La longueur de ligne nivelée chaque jour, sera en moyenne de 3 kilomètres au moins le long des chemins de fer, et sur les routes de la plaine de 2 kilomètres au moins.

11° A chaque kilomètre environ, l'ingénieur aura soin de marquer la position de la mire par un repère tracé à l'huile sur une borne ou un objet fixe et dont la position est clairement décrite dans le carnet. Il marque également avec soin par un repère semblable, la dernière position de la mire lorsqu'il termine une série d'observations, en sorte qu'il puisse la replacer exactement au même point en commençant la série suivante. En plaçant ainsi la mire sur un repère, on n'emploie pas la plaque qui sert de support, mais on met l'éperon directement sur le point tracé au centre du repère.

12° L'ingénieur est obligé de comprendre dans son nivellement les points de repère des chemins de fer qui lui seront indiqués, ainsi que les points trigonométriques qui se trouvent à proximité de la ligne de nivellement, et dont il lui sera fourni le registre; enfin les limnimètres des lacs et des fleuves qu'il rencontre.

V

Sources d'erreurs des nivellements.

Parmi les causes variées d'erreur qui peuvent affecter une opération de nivellement, les unes rentrent dans la catégorie des *erreurs ordinaires d'observation*, telles sont les petites erreurs accidentelles commises par l'observateur dans la lecture de la mire, soit dans l'estimation de la position de chacun des fils du réticule entre deux traits consécutifs de l'échelle; cette erreur se présente naturellement à chaque coup de niveau et si l'on représente sa valeur moyenne par $\pm e$, l'erreur moyenne sur la différence de niveau entre deux repères consécutifs sera $\pm e\sqrt{n}$; n étant le nombre de coups de niveau. Si la portée des coups de niveau était toujours la même, on pourrait remplacer rigoureusement $\sqrt{n}$ par $\sqrt{K}$; K étant la distance entre les deux repères. Cette condition n'est pas toujours remplie, car dans les pentes

un peu fortes la portée des coups de niveau doit être beaucoup diminuée ; toutefois la substitution de $\sqrt{K}$ à $\sqrt{n}$ peut se faire sans inconvénient parce que, lorsque la mire est rapprochée, la grandeur apparente du centimètre augmente, ce qui permet d'estimer plus exactement les fractions, d'où résulte une compensation avec le plus grand nombre de coups de niveau nécessaires pour parcourir la même distance.

Une seconde cause d'erreur provient des appareils, soit de l'instrument, soit de la mire. Quant aux erreurs provenant de l'instrument, on peut en faire abstraction : 1° parce que l'influence des erreurs instrumentales est complètement éliminée lorsque le nivellement se fait depuis le milieu des deux stations de la mire, condition qui a toujours été réalisée, si ce n'est rigoureusement, du moins avec une très faible différence ; 2° parce qu'il a été tenu compte de l'effet de la différence de distance entre les stations avant et arrière, au moyen des erreurs instrumentales déterminées chaque jour et même plusieurs fois par jour, de telle sorte que la légère correction apportée pour tenir compte de la différence des distances peut être regardée comme suffisante pour remplacer l'exécution rigoureuse de la condition du nivellement depuis le milieu.

Il n'en est pas de même pour les erreurs provenant des *mires* dont la longueur absolue varie dans certaines limites, sans que l'on puisse établir une relation directe entre l'allongement ou le raccourcissement d'une mire et le degré de chaleur ou d'humidité. Cette variabilité moyenne peut être estimée à $\pm$ 0^m,007 par mètre.

Recherchons l'influence que cette variabilité peut avoir sur un nivellement.

Appelons N la différence de niveau entre deux points.

d N étant l'erreur pour cette différence de niveau, elle sera égale à $\pm$ N $+$ 0^m,007 quels que soient les accidents du relief du terrain. On peut maintenant diviser la ligne qui joint les points extrêmes du nivellement en sections, limitées par les repères de premier ordre qui se trouvent dans l'intervalle, de telle sorte que :

$$N = H + H' + H'' + \text{etc.}$$

Si l'on suppose que la mire ait conservé la même longueur pendant tout le temps employé à mesurer H, de même pendant celui employé

à mesurer H′, etc.; mais qu'elle ait varié de l'une de ces sections à l'autre, on aura :

$$dN = \pm \sqrt{(dH)^2 + (dH')^2 + (dH'')^2 + \text{etc.}}$$

$$(1) \qquad dN = \pm 0^m,007 \sqrt{H^2 + H'^2 + H''^2 + \text{etc.}}$$

On peut encore supposer la durée des oscillations dans la longueur de la mire plus courte et la limiter au temps employé à niveler d'un repère secondaire à un autre. On a, dans ce cas :

$$H = h + h' + h'' + h''' + \text{etc.}$$

en désignant par h, h', h'', etc., les différences de niveau entre deux repères secondaires consécutifs. Dans ce cas dH ne serait plus égal à $\pm 0^m,007 + H$, mais à

$$(2) \qquad dN = 0^m,007 \sqrt{h^2 + h'^2 + h''^2 + \text{,etc.}}$$

et comme pour les sections H′, H″, on aura des valeurs identiques, l'on arrivera à l'expression :

$$(3) \qquad dN = \pm 0^m,007 \sqrt{\Sigma(h^2) + \Sigma(h'^2) + \Sigma(h''^2) + \text{etc.}}$$

Pour montrer la différence numérique de dN résultant de l'adoption de l'une ou de l'autre de ces hypothèses, nous pouvons en faire l'application au nivellement de la ligne du Gothard entre Fluelen et le col, puis du col à Giornico.

La différence de niveau entre Fluelen et le tournant du col est de 1673m,471, et celle entre le col et Giornico de 1716m,684. La différence entre Fluelen et Giornico est donc de 43m,213 divisée en 16 sections comprises entre des repères de premier ordre.

En appliquant la formule (1), on trouverait :

$$dN = \pm 0^m,092.$$

Cette valeur peut être regardée comme un *maximum*, car si l'on employait 5 jours en moyenne par section, on voit que de l'hospice du Gothard à Airolo, il a fallu 22 jours, la différence de niveau étant de 930 mètres. La valeur de dH pour cette seule section s'élève à $\pm 0^m,065$, c'est à dire 7/10m de l'erreur totale dN. Il est très peu probable que pendant les trois semaines durant lesquelles les circonstances atmosphériques ont beaucoup varié, la longueur de la mire soit restée invariable.

Si nous appliquons la formule (3) pour les 84 sections comprises entre Fluelen et Giornico, nous trouverons :

$$d\mathrm{N} = \pm 0^{m},032.$$

On peut considérer ce résultat comme au-dessous de la réalité, car on nivelait deux sous-sections par jour et qu'il est peu probable qu'il y ait eu deux fois par jour une variation de $\pm 0^{m},007$ dans la longueur de la mire.

La valeur probable de $d\mathrm{N}$ peut ainsi être considérée comme intermédiaire entre celle de $\pm 0^{m},092$ que l'on peut envisager comme un maximum et celle de $\pm 0^{m},032$ qui serait, elle, un minimum. On prendrait donc

$$d\mathrm{N} = \pm 0^{m},060.$$

On peut encore former les équations de condition des sections nivelées à double en faisant de celles-ci un choix convenable.

Si l'on désigne par $\pm d$, la différence entre les chiffres obtenus dans les deux opérations pour la différence de niveau entre deux repères consécutifs ; par $\pm x$ l'erreur moyenne d'observation par kilomètre : par $\pm y$ la variation moyenne dans la longueur des mires ; k la longueur de la section et h la différence de niveau entre les extrémités de cette section; on a pour chaque sous-section une équation de condition de la forme

$$d^2 = 2kx^2 + 2h^2y^2.$$

Pour arriver à la détermination la plus exacte des deux inconnues x^2 et y^2, par la résolution de ces équations à l'aide de la méthode des moindres carrés, il faut d'une part prendre toutes les sous-sections pour lesquelles la différence de niveau entre deux repères est la plus faible, au-dessous d'une certaine limite, et d'autre part toutes celles pour lesquelles elle est la plus forte, au-dessus d'une autre limite.

Il faut observer que dans les sous-sections à forte pente, pour lesquelles le coefficient y^2 est considérable, celui de x^2 est, au contraire, ordinairement plus faible, la distance parcourue dans le même laps de temps étant plus courte, parce que le nombre de coups de niveau est notablement plus grand.

Prenons 3 mètres pour la limite supérieure de la différence de niveau entre les deux extrémités d'une sous-section à *faible* pente, on peut égaler à 0 le coefficient de y^2 dans les équations de condition, la varia-

bilité des mires ne pouvant pas produire sur cette différence de niveau un écart dépassant une fraction de millimètre.

Pour la commodité du calcul, prenons 100 mètres pour unité de h et par suite, la valeur de $\pm y$ obtenue par la variabilité moyenne des mires se rapportant également à une longueur de 100 mètres, le coefficient de y^2 atteindrait en maximum 0,0018 et dans la très grande majorité des cas il est au-dessous de 0,001, on peut donc le négliger sans s'exposer à une erreur appréciable.

Pour les sous-sections de la seconde catégorie, soit à *forte* pente, prenons 60 mètres pour la limite inférieure de différence de niveau entre les deux extrémités, ce qui nous donnera $0^m,72$ pour valeur minimum du coefficient d'y^2 dans les équations de condition.

En prenant pour 158 sous-sections rentrant dans les conditions ci-dessus, la valeur $\pm d$ de la différence entre les deux nivellements, le coefficient $2k$, de x^2 dans les équations de condition et $2h^2$ coefficient de y^2. En traitant ces équations par la méthode des moindres carrés, on arrive aux équations finales :

$$1601{,}29x^2 + 226{,}243y^2 = 21152{,}30$$
$$226{,}243x^2 + 112{,}424y^2 = 7255{,}90;$$

d'où l'on tire :

$$x^2 = 5{,}716\ ;\ x = \pm 0^m{,}002391$$
$$y^2 = 53{,}039\ ;\ y = \pm 0^m{,}00007283 \text{ (pour 1 mètre).}$$

En prenant 138 sous-sections dans un terrain plat, on trouve :

$$x = \pm 0^m{,}002961.$$

Cette constante x de l'erreur moyenne par kilomètre, comprend une cause systématique d'erreur parfois sans influence, mais parfois assez importante, et qui peut encore être aggravée par la négligence du porte-mire, c'est le léger tassement du sol sur lequel on opère, sous le poids de la mire et de la plaque en fonte sur laquelle elle repose, surtout après de fortes pluies qui détrempent le sol. Il en résulte que pour le coup arrière on lit une cote un peu plus forte que si la mire avait conservé la même position que pour la lecture du coup avant[1]. Il est malheureusement impossible d'évaluer cette erreur dans chaque cas, aussi convient-il de conserver la moyenne arithmétique dans les

[1] Voir la note à la fin, page 679.

cas où la différence d entre les deux opérations est plus faible que la différence probable $\pm d'$, on ne la dépasse que d'une faible quantité. Dans le cas contraire, alors que le chiffre très élevé de la différence d montre que l'une ou l'autre des opérations a été entachée d'une erreur systématique considérable, on ne prendrait que le résultat donné par celle des deux opérations qui s'accorde le mieux, c'est-à-dire qui donne pour le polygone l'erreur de clôture la plus faible, en laissant complètement de côté l'autre opération.

Ainsi appelant $\pm \delta$ l'erreur théorique probable, on peut, d'après ce qui précède lui donner la formule suivante :

$$\pm \delta = \pm 0^m,002961 \sqrt{K} + 0^m,000078 \sqrt{\Sigma h^2}.$$

VI

Réduction des opérations, calcul de la compensation des erreurs. Corrections.

C'est la première fois que le problème de la compensation d'un réseau hypsométrique, obtenu par nivellement est abordé. Le but qu'on se propose est de trouver pour chacun des côtés qui entrent dans ce réseau, la correction qu'il faut apporter à la différence d'altitude trouvée directement par le nivellement entre ses deux extrémités, pour que tous les polygones dont ce côté fait partie se ferment exactement. Cela donne par conséquent une équation de condition, dans laquelle la somme algébrique des erreurs commises sur chacun des côtes est égale à l'erreur de clôture du polygone.

Appelons e l'erreur moyenne de lecture de la mire à chaque coup de niveau ;

m l'écart sur la longueur de la mire ;

h la différence de niveau entre deux repères consécutifs ;

k la distance entre les deux repères ;

p l'erreur de clôture du polygone formée par la somme des erreurs sur tous les côtés.

On a :

$$e = \frac{P}{\pm\sqrt{k} \pm \sqrt{k'} \pm \sqrt{k''} \pm \text{etc.}}$$

et

$$m = \frac{P}{\pm \Sigma h \pm \Sigma h' \pm \Sigma h'' \pm \text{etc.}}$$

En faisant :

$$\pm \sqrt{k} \pm \sqrt{k'} \pm \sqrt{k''} \pm \text{etc.} = \pm \sqrt{k + k' + k'' + \text{etc.}}$$

$$\pm \Sigma h \pm \Sigma k' \pm \Sigma h'' \pm \text{etc.} = \pm \sqrt{(\Sigma h)^2 + (\Sigma h')^2 + (\Sigma h'')^2 + \text{etc.}}$$

On pourra calculer numériquement les valeurs de e et de m, mais alors quelque soit le signe de P, elles se présentent avec le signe $\pm$, et par conséquent, l'erreur sur chaque côté conservant également le double signe $\pm$, l'indétermination subsiste.

On écarte cette indétermination en donnant le signe $+$ à tous les termes qui forment les dénominateurs, c'est-à-dire si l'on suppose que l'erreur de clôture d'un polygone soit égale à la somme arithmétique et non à la somme algébrique des erreurs commises sur les différents côtés, c'est donc les supposer comme ayant toujours agi dans le même sens. Cette hypothèse revient à admettre que la somme des carrés des erreurs sur les différents côtés est un mininum. Or, pour que e et que m soient un minimum, il faut que le dénominateur de l'expression donnant e ou m, soit un minimum, c'est-à-dire que tous les termes soient pris avec le signe $+$, car

$$+\sqrt{k} + \sqrt{k'} + \sqrt{k'' + \text{etc.}} = +\sqrt{k + k' + k'' + \text{etc.} + 2(\sqrt{kk'} + \sqrt{kk''} + \sqrt{kk'' + \text{etc.}}}$$

de même

$$+ zh + zh' + zh'' + \text{etc.} = +\sqrt{(zh)^2 + (zh')^2 + (zh'')^2 + \text{etc.} + 2(zh + zh' + zh.zh'' + zh'.zh'' + \text{etc.}}$$

Il est évident que cette supposition n'est pas exacte, mais elle est nécessaire pour que la résolution de l'équation soit possible, et d'ailleurs les erreurs auxquelles elle peut donner lieu sont éliminées par la combinaison des polygones formant le réseau.

Appelons P l'erreur de clôture d'un polygone.

$\Sigma \sqrt{K}$ la somme $\sqrt{k} + \sqrt{k'} + \sqrt{k''} + \text{etc.}$

on obtient pour la correction à apporter à chacun d'eux

$$\frac{P\sqrt{k}}{\Sigma\sqrt{k}}, \frac{P\sqrt{k'}}{\Sigma\sqrt{k}}, \frac{P\sqrt{k''}}{\Sigma\sqrt{k}}, \text{etc.}$$

en supposant l'exactitude relative des différents côtés proportionnelle à la racine carrée de leur longueur, c'est-à-dire si l'on n'a égard qu'aux erreurs accidentelles.

On obtient une seconde valeur pour ces corrections, si l'on suppose l'exactitude relative des différents côtés proportionnelle au relief, c'est-à-dire si l'on n'a égard qu'aux erreurs dues à la variabilité des mires, les corrections sont alors :

$$\frac{P\Sigma h}{\Sigma H}, \frac{P\Sigma h'}{\Sigma H}, \frac{P\Sigma h''}{\Sigma H}, \text{ etc.}$$

ΣH étant mis pour $\Sigma h + \Sigma h' + \Sigma h'' + \text{etc.}$

Si les accidents du terrain sont peu différents dans les côtés du polygone, la valeur de la correction obtenue par l'un ou par l'autre de ces rapports, sera, à peu de choses près, la même pour chacun des côtés. En opérant de même sur tous les polygones qui peuvent être formés par la combinaison des lignes nivelées, chacun des polygones dont un côté fait partie, donne pour ce côté une double valeur de la correction qui doit lui être appliquée. Toutes les valeurs ainsi obtenues pour la correction à apporter à tel côté en particulier, diffèrent les unes des autres, soit parce que le procédé d'évaluation de l'exactitude relative des différents côtés, n'est qu'une approximation résultant de la probabilité des erreurs, soit parce que dans chaque polygone, on a supposé l'erreur de clôture égale à la somme arithmétique et non à la somme algébrique des erreurs. Il est évident que lorsque le même côté fait partie de polygones pour lesquels l'erreur de clôture est très faible, la correction tirée de la résolution de ces polygones doit être considérée comme plus exacte que celle résultant d'autres polygones, dans lesquelles l'erreur de clôture est plus considérable. On est ainsi appelé à attribuer à chaque polygone ou plutôt à la correction sur un côté tiré de la résolution de ce polygone, un poids inversement proportionnel au carré du chiffre représentant l'exactitude relative de ce polygone, c'est-à-dire au carré de $\frac{P}{\sqrt{K}}$, K étant le périmètre de ce polygone, ou du carré de $\frac{P}{\Sigma H}$, suivant que la correction a été déduite de l'un ou de l'autre des deux rapports par lesquels on a évalué l'exactitude relative des différents côtés. On obtient de cette façon la moyenne probable de la correction qu'il faut apporter à chaque côté, et par la comparaison de

chaque valeur individuelle avec cette moyenne en ayant égard aux poids, l'erreur moyenne de la correction ainsi trouvée.

Cette première correction appliquée aux chiffres fournis par l'observation, montrera si les erreurs de clôture des différents polygones sont sensiblement diminuées et si, par conséquent, la répartition des erreurs faite selon la loi des probabilités, avec les données dont on peut disposer, se rapproche de la répartition des erreurs réellement commises.

Dans une seconde approximation, on a, pour évaluer l'exactitude relative que l'on peut attribuer aux différents côtés d'un polygone un élément beaucoup plus précis que celui dont on pouvait disposer dans la première approximation ; en effet, l'erreur moyenne dont est affectée la correction peut être considérée comme exprimant très approximativement l'exactitude de cette correction, et par conséquent celle du côté corrigé. L'erreur de clôture d'un polygone peut ainsi être répartie entre les différents côtés d'une manière plus sûre que dans la première approximation ; mais de même que dans celle-ci, on est obligé de recourir à la supposition que l'erreur de clôture est égale à la somme arithmétique et non à la somme algébrique des erreurs sur les côtés qui le ferment. Si on désigne par $\pm$ E, $\pm$ E′, $\pm$ E″, etc., l'erreur moyenne qui affecte la correction obtenue pour chaque côté d'un polygone dans la première approximation, et par P′ la nouvelle erreur de clôture, la correction sur chacun des deux côtés, sera :

$$\frac{P'E^2}{\Sigma E^2}, \frac{P'E'^2}{\Sigma E^2}, \frac{P'E''^2}{\Sigma E^2}, \text{ etc.}$$

On obtiendra ainsi, pour chaque côté, autant de valeurs de la correction qu'il y a de polygones dont il fait partie, et on calculera comme précédemment la moyenne probable de la correction, en ayant égard aux poids que l'on peut attribuer à chaque polygone, en raison du rapport entre l'erreur de clôture, le périmètre ou l'inégalité du relief. On peut aussi déduire le poids qu'il faut attribuer à chaque polygone, du rapport qui existe entre l'erreur de clôture et la racine carrée de la somme des carrés des erreurs de tous les côtés.

Un exemple fera mieux comprendre la méthode appliquée par MM. Hirsch et Plantamour.

Prenons le réseau suivant en faisant observer que l'unité k (ou de la longueur du côté) est le kilomètre et que l'unité de Σh (ou du chiffre représentant l'inégalité de relief) est une hauteur de 100 mètres.

COTÉS	Différences de niveau	Longueurs kilom.	$\sqrt{K}$	Σh
NF. 1 Neuchâtel — NF. 15 Morges ..	+ 58m,964.9	77k,4	8,8	6,6
NF. 18 Fribourg — NF. 1 Neuchâtel	+ 153 ,604.6	43 ,2	6,6	4,8
NF. 15 Morges — NF. 18 Fribourg.	— 212 ,580.0	76 ,0	8,7	15,0
NF. 21 Bienne — NF. 1 Neuchâtel	+ 4 ,834.0	30 ,9	5,6	0,5
NF. 26 Berne — NF. 21 Bienne ..	+ 101 ,476.7	40 ,1	6,3	3,8
NF. 18 Fribourg — NF. 26 Berne ...	+ 47 ,281.2	31 ,4	5,6	1,9
NF. 22 Sonceboz — NF. 21 Bienne ..	+ 213 ,321.7	13 ,3	3,7	2,2
NF. 39 Bâle — NF. 22 Sonceboz.	— 403 ,081.6	77 ,7	8,8	8,1
NF. 26 Berne — NF. 39 Bâle.....	+ 291 ,347.1	155 ,3	12,5	15,5

Avec ces côtés on peut former les six polygones suivants :

POLYGONES	Erreurs de cloture P	$\sqrt{K}$	ΣH
1. Morges, Neuchâtel, Fribourg, Morges.....	+ 10mm5	14,0	26,4
2. Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Neuchâtel.	+ 12 7	12,1	11,0
3. Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Bienne.....	— 110 5	16,9	29,6
4. Morges, Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Morges.....	+ 23 2	16,0	27,8
5. Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Fribourg, Neuchâtel.....	— 97 8	18,8	33,0
6. Morges, Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle. Berne, Fribourg, Morges.....	— 87 3	21,5	49,8

En opérant sur ces données ainsi qu'il a été exposé et sans entrer naturellement dans les détails du calcul, on obtient pour résultat de la première approximation les corrections suivantes, ainsi que l'erreur moyenne $\pm$ E que l'on peut attribuer à chaque correction, d'après l'accord entre les valeurs fournies par les différents polygones.

	Corrections	Erreurs moyennes	Différences de niveau corrigées
NF. 1 Neuchâtel — NF. 15 Morges ...	+ 3mm2	± 1mm6	+ 58m968.1
NF. 18 Fribourg — NF. 1 Neuchâtel.	+ 1 2	± 1 7	+ 153 605.8
NF. 15 Morges — NF. 18 Fribourg..	+ 4 3	± 2 8	— 212 575.7
NF. 21 Bienne — NF. 1 Neuchâtel.	0 0	± 0 0	+ 4 834.0
NF. 26 Berne — NF. 21 Bienne ...	+ 4 4	± 0 9	+ 101 481.1
NF. 18 Fribourg — NF. 26 Berne	+ 1 2	± 1 1	+ 47 282.4
NF. 22 Sonceboz — NF. 21 Bienne ...	— 1 5	± 1 1	+ 213 320.2
NF. 39 Bâle — NF. 22 Sonceboz .	— 20 4	± 3 0	— 403 102.0
NF. 26 Berne — NF. 39 Bâle.....	— 32 0	± 5 1	+ 291 315.1

Les corrections fournies par cette première approximation ne suffisent pas pour amener la clôture exacte des polygones, cependant les erreurs ont notablement diminué. En effet :

	Erreurs de clôture p′
1. Morges, Neuchâtel, Fribourg, Morges	+ 1mm8
2. Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Neuchâtel	+ 8 3
3. Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Bienne	— 52 2
4. Morges, Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Morges	+ 10 1
5. Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Fribourg, Neuchâtel.	— 43 9
6. Morges, Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Fribourg, Morges	— 42 1

Il y a donc lieu de procéder à une seconde approximation, dans laquelle on prend pour mesure de l'exactitude des différents côtés, l'erreur moyenne de la correction obtenue dans la première approximation. Cette seconde approximation donne pour les différents côtés les corrections suivantes:

	Corrections	Erreurs moyennes	Différences de niveau corrigées
NF. 1 Neuchâtel — NF. 15 Morges	+ 0mm4	± 0mm28	+ 58m968.5
NF. 18 Fribourg — NF. 1 Neuchâtel	+ 0 3	± 0 44	+ 153 606.1
NF. 15 Morges — NF. 18 Fribourg	+ 1 2	± 0 84	— 212 574.5
NF. 21 Bienne — NF. 1 Neuchâtel	0 0	± 0 00	+ 4 834.0
NF. 26 Berne — NF. 21 Bienne	+ 0 8	± 0 23	+ 101 481.9
NF. 18 Fribourg — NF. 26 Berne	+ 0 9	± 0 55	+ 47 283.3
NF. 22 Sonceboz — NF. 21 Bienne	— 1 2	± 0 21	+ 213 319.0
NF. 39 Bâle — NF. 22 Sonceboz	— 9 3	± 1 24	— 403 111.3
NF. 26 Berne — NF. 39 Bâle	— 26 7	± 3 56	+ 291 288.4

Avec ces nouvelles valeurs les erreurs de clôture des différents polygones sont réduites à :

POLYGONES	Erreurs de clôture p″
1. Morges, Neuchâtel, Fribourg, Morges	— 0mm1
2. Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Neuchâtel	+ 6 9
3. Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Bienne	— 14 2
4. Morges, Neuchâtel, Bienne, Berne, Fribourg, Morges	+ 6 8
5. Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Fribourg, Neuchâtel.	— 7 3
6. Morges, Neuchâtel, Bienne, Sonceboz, Bâle, Berne, Fribourg, Morges	— 7 4

Le tableau suivant résume la différence de niveau entre tous les côtés de ce réseau telle que le calcul de la compensation des erreurs l'exige pour amener la clôture exacte de tous les polygones. Les deux colonnes suivantes donnent la correction totate C qui a été apportée au chiffre résultant de l'opération directe et le rapport $\frac{C}{\sqrt{K}}$ de cette correc-

tion à la racine carrée du nombre de kilomètres exprimant la longueur de ce côté :

CÔTÉS	DIFFÉRENCES de niveau par l'opération directe	DIFFÉRENCES de niveau avec la correction définitive	CORRECTIONS totales C	$\frac{C}{\sqrt{K}}$
	mèt.	mèt.	mill.	mill.
NF. 1 Neuchâtel — NF. 15 Morges ..	+ 58,964.9	+ 58,968.5	+ 3,6	+ 0,40
NF. 18 Fribourg — NF. 1 Neuchâtel	+ 153,604.6	+ 153,606.1	+ 1,5	+ 0,23
NF. 15 Morges — NF. 18 Fribourg.	— 212,580.0	— 212,574.5	+ 5,5	+ 0,63
NF. 21 Bienne — NF. 1 Neuchâtel	+ 4,834.0	+ 4,834.0	0	0
NF. 26 Berne — NF. 21 Bienne ..	+ 101,476.7	+ 101,481.9	+ 12,1	+ 1,92
NF. 18 Fribourg — NF. 26 Berne ...	+ 47,281.2	+ 47,283.3	+ 2,1	+ 0,37
NF. 22 Sonceboz — NF. 21 Bienne ..	+ 213;321.7	+ 213,319.0	— 2,7	— 0,73
NF. 39 Bâle — NF. 22 Sonceboz.	— 403,081.6	— 403,111.3	— 30,1	— 3,41
NF. 26 Berne — NF. 39 Bâle.....	+ 291,347.1	+ 291,288.4	— 65,6	— 5,25

On voit que pour six côtés ayant un développement de 272 kilomètres le chiffre que l'on obtient pour erreur moyenne par kilomètre (en divisant l'erreur totale sur le côté par la racine carrée du nombre de kilomètres) est *au-dessous* de 1 millimètre.

Nous avons fait comprendre la méthode employée pour la compensation des erreurs par un exemple lorsque le nivellement de précision sera entièrement terminé, on fera sur ce principe la compensation de tout le réseau en combinant ensemble des séries de polygones ayant des côtés communs.

VII

Nivellements exécutés de 1865 à 1882.

Nous donnons ci-après le tableau des nivellements exécutés jusqu'à la fin de 1882. Selon toute probabilité les opérations sur le terrain seront achevées en 1884.

Pour chaque ligne nivellée nous donnerons sa longueur, le nombre de repères fondamentaux posés (NF) et de repères secondaires (⊙).

Voir la carte planche 71.

DÉSIGNATION DES LIGNES NIVELÉES.	NIVELÉES POUR la 1re fois.	NIVELÉES POUR la 2e fois.	NF	⊙	LONGUEURS nivelées
					k m
1865					
1) Genève, Nyon, Rolle, Morges.....	1	»	4	43	49,830
2) Morges, Cossonay, Yverdon.....	1	»	1	33	39,823
3) Yverdon, Bevaix, Neuchâtel.....	1	»	1	20	36,637
4) Gare, Môle et Observatoire (de Neuchâtel).....	1	»	2	4	4,925
5) Môle de Neuchâtel, Saint-Blaise...	1	»	»	4	5,245
6) Gare de Neuchâtel, Pierrabot.....	1	»	»	3	2,156
7) Pierrabot, entrée Val de Ruz (1k,905)	1	1	»	2	3,810
8) Pierrabot, Signal de Chaumont (6k,170).....	1	1	»	9	12,340
9) Signal de Chaumont, Chufford....	1	»	»	8	8,489
10) Chufford, Sommet Chasseral, Pâquier (10k,708).....	1	1	2	18	21,416
11) Pâquier, Dombresson (4k,623)....	1	1	»	4	9,246
12) Dombresson, Pierrabot.....	1	»	»	9	11,482
13) Pâquier, Saint-Imier, Chaux-de-Fonds, Tête-de-Rang, Pierrabot .	1	»	1	43	44,483
14) Chaux-de-Fonds, Locle, Merteau (23k,268).....	1865	1	2	12	46,526
15) Nyon, Saint-Cergues, La Cure....	1	»	1	20	22,836
Totaux pour 1865.....	»	»	14	232	319,244
1866					
1) Gare, Môle, Observatoire (de Neuchâtel).....	1865	1	»	4	4,925
2) Môle Neuchâtel, Saint-Blaise.....	1865	1	»	»	5,245
3) Gare Neuchâtel, Pierrabot.....	1865	1	»	4	2,156
4) Pierrabot, entrée Val de Ruz.....	1865	1	»	8	1,905
5) Neuchâtel, Morat, Fribourg, Romont, Lausanne, Morges.....	1	»	5	95	119,235
6) Genève, Nyon, Rolle, Morges (49k,830) 2e et 3e fois.....	1865	1	»	9	99,660
7) Neuchâtel, Saint-Blaise.....	1865	1	»	»	5,245
8) Saint-Blaise, Neuveville, Bienne (2 fois en 1866) 25k,687.....	1	1	1	12	54,374
9) Bienne, Sonceboz, Saint-Imier....	1	»	2	22	28,778
10) Bienne, Aarberg, Berne.....	1	»	2	20	40,122
11) Gare de Berne, Palais fédéral (trois fois) 0k,447.....	1	1	1	»	1,341
12) Gare de Berne-Observatoire (deux fois) 0k,867.....	1	1	»	2	1,734
13) Berne, Fribourg.....	1	»	1	20	31,499
Totaux pour 1866.....	»	»	12	196	393,219

DÉSIGNATION DES LIGNES NIVELÉES.	NIVELÉES POUR la		NF	⊙	LONGUEURS nivelées
	1re fois.	2e fois.			
1867					k m
1) Fribourg, Berne	1866	1	»	»	31,502
2) Berne, Berthoud	1	»	1	16	21,669
3) Berthoud-Herzogenbuchsee	1	»	1	17	18,805
4) Herzogenbuchsee, Langenthal	1	»	1	5	8,951
4) Langenthal, Aarbourg	1	»	1	15	17,581
6) Aarbourg, Olten	1	»	1	2	3,766
7) Olten, Aarau	1	»	1	9	12,914
8) Aarau, Brugg	1	»	1	13	19,399
9) Brugg, Frick	1	»	1	12	15,627
10) Frick, Stein	1	»	1	4	6,722
11) Stein, Rheinfelden	1	»	1	10	12,597
12) Rheinfelden, Bâle	1	»	1	14	19,959
13) Bâle, Saint-Louis	1	»	1	7	11,340
14) Saint-Imier, Bienne	1866	1	»	»	28,785
15) Berne, Aarberg, Bienne	1866	1	»	»	40,175
16) Sonceboz, Tavannes, Moutier, Délémont	1	»	3	23	35,156
17) Délémont, Lauffen, Bâle	1	»	2	25	40,478
18) Bâle (gare suisse à gare badoise)	1	»	1	5	5,262
Totaux pour 1867	»	»	18	177	350,688
1868 (Pas d'opérations sur le terrain).					
1869					
1) Aarburg, Zofingue	1	»	1	3	6,699
2) Zofingue, Lucerne	1	»	2	22	43,862
3) Lucerne (église des jésuites), Lucerne (cathédrale)	1	»	2	»	1,162
4) Lucerne, Meggen	1	»	»	5	7,799
5) Andermatt, Hospenthal	1	»	1	2	2,389
6) Hospenthal, Saint-Gothard (sommet)	1	»	1	9	10,310
7) Saint-Gothard (sommet), Saint-Gothard (hospice)	1	»	1	»	0,715
8) Saint-Gothard (hospice), Airolo	1	»	1	14	13,652
9) Airolo, Faido	1	»	4	9	16,644
10) Faido, Giornico	1	»	2	6	11,468
11) Andermatt, Goschenen, Wasen	1	»	2	12	11,256
12) Wasen, Amsteg	1	»	1	10	11,389
13) Amsteg, Erstfeld	1	»	1	3	6,601
14) Erstfeld, Altdorf	1	»	1	4	7,550
15) Altdorf, Fluelen	1	»	2	»	3,264
Totaux pour 1869	»	»	22	99	154,760

DÉSIGNATION DES LIGNES NIVELÉES.	NIVELÉES POUR la 1re fois.	NIVELÉES POUR la 2e fois.	NF	⊙	LONGUEUR nivelée.
1870					k m
1) Lausanne, Sion, Brigue.....	1	»	14	67	132,827
2) Fluelen, Schwytz, Meggen.....	1	»	7	29	44,512
3) Schwytz, Pfäffikon, Zurich.....	1	»	16	50	96,525
4) Brigue, Simplon, Gondo.....	1	»	4	38	43,134
5) Gondo, Domo d'Ossola, Santa-Maria Maggiore, Brissago.....	1	»	4	74	73,827
6) Brissago, Locarno, Giornico.....	1	»	4	49	59,770
Totaux de 1870.....	»	»	49	327	450,595
1871					
1) Polygone de la ville de Zurich.....	1	»	4	14	3,599
2) Zurich, Winterthur.....	1	»	11	28	31,866
3) Winterthur, Frauenfeld.....	1	»	4	5	15,391
4) Frauenfeld, Constance.....	1	»	4	19	33,574
5) Constance, Romanshorn.....	1	»	3	8	21,339
6) Romanshorn, Rorschach	1	»	2	10	15,593
7) Rorschach, Fussach, Sargans.....	1	»	8	36	80,988
8) Sargans, Wesen.....	1	»	4	15	30,775
9) Wesen, Pfäffikon.....	1	»	4	17	27,740
Totaux de 1871.....	»	»	44	152	260,865
1872					
1) Aarbourg, Olten, Aarau, Brugg....	1867	1	4	29	46,257
2) Lucerne, Meggen.....	1869	1	»	[illegible]»	16,196
3) Meggen, Schwytz, Fluelen.....	1870	1	9	49	59,219
4) Fluelen, Saint-Gothard, Giornico..	1869	1	15	105	125,293
5) Giornico, Biasca, Bellinzona, Locarno.....	1870	1	4	53	58,042
6) Hospenthal, Furka, Glacier du Rhône	1	»	4	33	29,151
7) Glacier du Rhône, Viesch, Brigue..	1	»	9	37	48,355
Totaux de 1872.....	»	»	45	306	382,513
1873					
1) Zurich, Pfäffikon.....	1870	1	6	21	33,055
2) Locarno, Santa-Maria Maggiore, Domo d'Ossola.....	1870	1	5	83	62,531
3) Domo d'Ossola, Simplon.....	1870	1	3	32	40,641
4) Simplon, Brigue	1870	1	3	33	22,748
5) Schwytz, Rothenthurm, Pfäffikon...	1870	1	6	25	30,394
6) Zurich, Brugg.....	1	»	5	19	33,087
7) Cully, Morges	1	»	2	13	20,847
8) Pierre à Niton, Limnimètres de Genève.....	1	»	3	3	3,378
Totaux de 1873.....	»	»	33	251	248,681

DÉSIGNATION DES LIGNES NIVELÉES.	NIVELÉES POUR la		NF	⊙	LONGUEUR nivelée.
	1re fois.	2e fois.			
1874					k m
1) Pfäffikon, Sargans.....	1871	1	»	21	69,947
2) Sargans, Constance.....	1871	1	»	17	142,306
3) Constance, Steckborn.....	1871	1	»	7	22,303
4) Aarbourg, Lucerne.....	1869	1	6	33	49,177
Totaux de 1874.....	»	»	6	78	283,732
1875					
1) Steckborn, Frauenfeld, Zurich.....	1871	1	»	6	66,010
2) Steckborn, Schaffouse, Stein.....	1	»	9	74	110,001
3) Berne, Herzogenbuchsee, Aarbourg.	1867	1	»	13	66,381
Totaux de 1875.....	»	»	9	93	242,392
1876					
1) Polygone de la ville de Berne.....	1	»	3	»	1,400
2) Berne, Brienz, Brunig, Lucerne...	1	»	11	90	128,814
3) Bellinzone, Lugano, Chiasso (deux fois) 55k,006.....	1876	1	7	52	112,012
Totaux de 1876.....	»	»	21	142	242,226
1877					
1) Sargans, Reichenau.....	1	»	5	23	40,026
2) Andermatt, Oberalp, Reichenau...	1	»		74	84,589
3) Signal de Chaumont, Observatoire météorologique.....	1	»	»	1	0,790
Totaux de 1877.....	»	»	12	98	125,405
1878					
1) Suss, Fluela, Davos, Landquart (deux fois).....	1878	1	10	29	164,550
2) Landquart, Sargans.....	1877	1	»	2	13,263
Totaux de 1878.....	»	»	10	31	187,813
1879					
1) Chiavenna, Maloja, Suss (2 fois)...	1879	1	12	28	177,081
2) Reichenau, Coire, Landquart.....	1877	1	»	»	24,933
3) Bâle, Stein (2 fois) (14k,884m)....	1879	1	»	2	29,768
4) Reichenau, Thusis (2 fois) (15k724m)	1879	1	2	8	31,448
Totaux de 1879.....	»	»	14	38	263,230

DÉSIGNATION DES LIGNES NIVELÉES.	NIVELÉES POUR la		NF	⊙	LONGUEUR nivelée.
	1re fois.	2e fois.			
1880					k m
1) Thusis, Splugen, Campodolcino (deux fois) 50k439m	1880	»	4	45	100,878
2) Suss, Martinsbruck (2 fois) 39k,940m	1880	»	4	33	77,879
3) Pfäffikon, Schwytz	1873	1	»	7	30,428
4) Brienz, Guttannen, Grimsel, Glacier du Rhône (deux fois)	1880	1	6	41	90,751
Totaux de 1880	»	»	14	126	299,936
1881					
1) Campodolcino, Chiavenna (2 fois)	1881	1	1	12	25,340
2) Bâle, Délémont, Bienne	1867	1	»	14	87,931
3) Cully, Sion, Brigue	1870	1	»	10	144,108
4) Brigue, Viesch, Glacier du Rhône	1872	1	»	3	48,000
5) La Cure, Nyon	1865	1	»	2	22,473
6) Morges, Ouchy	1873	1	»	»	11,051
7) Base géodésique d'Aarberg (deux fois) 3k,612m	1881	1	»	7	7,224
Totaux de 1881	»	»	1	48	346,327
1882					
1) Base géodésique de Bellinzona (deux fois) 5k,997m	1882	1	»	7	11,993
2) Base géodésique de Weinfelden (deux fois) 17k,358m	1882	1	2	8	34,715
Totaux de 1882	»	»	2	15	46,708

Tableau récapitulatif des nivellements à la fin de 1882.

ANNÉES.	LONGUEURS NIVELÉES		TOTAUX.	TEMPS EMPLOYÉ Jours.	REPÈRES	
	une fois.	deux fois.			NF	⊙
	k. m.	k. m.	k. m.			
1865	272,575	46,669	319,244	191	14	232
1866	274,083	119,136	393,219	185	12	196
1867	250,226	100,462	350,688	181	18	177
1868	»	»	»	»	»	»
1869	154,760	»	154,760	110	22	99
1870	450,595	»	450,595	303	49	327
1871	260,865	»	260,865	154	44	152
1872	77,506	305,007	382,513	245	45	306
1873	59,312	189,369	248,681	233	33	251
1874	»	283,732	283,732	175	6	78
1875	110,001	132,391	242,392	192	9	93
1876	130,214	112,012	242,226	150	21	142
1877	125,405	»	125,405	103	12	98
1878	»	387,813	187,813	134	10	31
1879	»	263,230	263,230	145	14	38
1880	»	299,936	299,936	226	14	126
1881	»	346,327	346,327	163	1	48
1882	»	46,708	46,708	15	2	15
Totaux.	2165,542	2432,792	4598,334	2905	326	2409

VIII

Vérification par double nivellement et par polygones.

La vérification d'un nivellement se fait, soit par un double nivellement entre les deux points extrêmes, soit en joignant différentes lignes successives et finissant par aboutir au point de départ, en formant ainsi un polygone fermé.

Il va sans dire qu'on ne peut exiger un accord absolu entre les côtes de mêmes points obtenus par deux ou plusieurs nivellements, mais on peut admettre un écart de $0^m,0007$ par kilomètre sur les terrains favorables et de $0^m,0050$ par kilomètre sur un terrain très défavorable (marais, pâturages, fortes pentes.)

Dans les tableaux qui suivent, nous avons groupé : 1°) les lignes nivelées deux ou plusieurs fois en les divisant ; *a*) en lignes dans des conditions favorables, soit par le peu de relief du terrain, la bonne nature du sol, les conditions favorables dans lesquelles les nivelle-

ments ont été exécutés ; *b*) en lignes dans des conditions défavorables, soit de terrain, soit de conditions atmosphériques pendant lesquelles les nivellements ont été exécutés.

I. — DOUBLES NIVELLEMENTS	DIFFÉRENCE de niveau	K Longueurs	δ Différences entre les deux nivellements	$\frac{\delta}{K}$ Ecart par kilomètre	$\frac{\frac{\delta}{2}}{\sqrt{K}}$ Erreur moyenne par kilomètre
	m.	k.	m.	m.	m.
A. *Lignes favorables.*					
1 Bienne—Tavannes	318	15,426	0,0100	0,00062	0,0013
2 Süs—Martinsbruck	392	38,939	0,0362	0,00092	0,0029
3 Genève—Morges	2	49,830	0,0040	0,00008	0,0003
4 Neuchatel—Bienne	5	30,932	0,0000	0,00000	0,0000
5 Bienne—Saint-Imier	372	28,778	0,0080	0,00027	0,0007
6 Berne—Fribourg	47	31,449	0,0110	0,00036	0,0009
7 Aarbourg—Brugg	61	36,378	0,0068	0,00018	0,0005
8 Aarbourg—Berne	132	65,821	0,0507	0,00077	0,0026
9 Stein—Bâle	47	29,662	0,0129	0,00043	0,0012
10 Bâle—Bienne (+ 388m — 588m)	200	88,985	0,0580	0,00065	0,0030
Moyenne				0,00043	0,0014
B. *Lignes défavorables.*					
1 Bienne—Berne	101	40,122	0,0490	0,00122	0,0039
2 Cully—Brigue	307	143,726	0,1937	0,00134	0,0080
3 Brigue—Hospice du Simplon	1324	22,748	0,2219	0,00977	0,0230
4 Brienz—Col du Grimsel	1605	41,867	0,3459	0,00824	0,0267
5 Col du Grimsel—Glacier du Rhône	461	3,509	0,0518	0,01500	0,0185
6 Glacier du Rhône—Brigue	1031	47,886	0,1488	0,00310	0,0110
7 Chiavenna—Maloja	1485	31,431	0,0251	0,00080	0,0108
8 Reichenau—Thusis	117	15,729	0,0096	0,00061	0,0012
9 Thusis—Village de Splügen	740	25,891	0,0211	0,00807	0,0020
10 Village de Splügen—Col du Splügen	658	8,558	0,0104	0,00120	0,0014
11 Col du Splügen—Campodolcino	1010	15,986	0,0641	0,00400	0,0080
12 Campodolcino—Chiavenna	783	12,771	0,0210	0,00161	0,0029
13 Lucerne — Schwytz — Col du Saint-Gothard	1662	103,793	0,0664	0,00064	0,0032
14 Col du Gothard—Bellinzona—Locarno	1910	90,828	0,0881	0,00096	0,0046
15 Locarno—Santa-Maria-Maggiore—Domo—Col Simplon	1808	103,871	0,1525	0,00146	0,0074
16 Col du Simplon—Brigue	1325	22,151	0,2219	0,00101	0,0236
17 Schwytz—Rothenthurm	413	13,656	0,0157	0,00114	0,0032
18 Rothenthurm—Zurich	526	49,659	0,0614	0,00122	0,0044
19 Nyon—La Cure	786	22,553	0,0269	0,00120	0,0028
20 Bellinzona—Monte-Cenere	318	12,986	0,0173	0,00130	0,0024
Moyenne générale				0,00319	0,00846
Moyenne sans (5)				0,00257	

Si nous supposons que la moyenne des deux opérations donne le chiffre exact, la différence de chacune d'elles avec la moyenne, ou la demi-différence entre les deux donne l'erreur de chaque opération ; cette demi-différence, divisée par la racine carrée du nombre de kilomètres qui exprime la longueur de la section, donne l'*erreur moyenne par kilomètre.*

Lorsque la vérification a lieu par la *clôture d'un polygone*, cette erreur de clôture divisée par la racine carrée du nombre de kilomètres que comprend le développement du polygone, donne l'erreur moyenne par kilomètre.

II. — POLYGONES	K Longueurs	e Écart de clôture	$\frac{e}{\sqrt{K}}$ Écart par kilomèt.
	k. m.	m.	m.
1 Gare du Central à Bâle-Pont du Rhin-St-Alban-Gare badoise et du Central	4,923	0,0020	0,0009
2 Morges-Neuchâtel-Fribourg-Lausanne-Morges	195,695	0,0105	0,0007
3 Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Neuchâtel	145,758	0,0127	0,0010
4 Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Bienne	287,146	0,0142	0,0008
5 Morges-Nenchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Morges	255,043	0,0235	0,0015
6 Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Neuchâtel	380,456	0,0078	0,0004
7 Morges-Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Morges	461,192	0,0073	0,0003
8 Hospenthal-Lucerne-Aarbourg-Berne-Lausanne-Brigue-Hospenthal	339,500	0,1115	0,0048
9 Berne-Aarbourg-Brugg-Stein-Bâle-Bienne-Berne	287,093	0,1022	0,0060
10 Hospenthal-Locarno-Domo d'Ossola-Brigue-Glacier du Rhône-Hospenthal	314,257	0,0482	0,0027
11 Hospenthal-Furka-Brigue-Morges-Fribourg-Berne-Lucerne-Hospenthal	587,640	0,1009	0,0053
12 Aarbourg-Lucerne-Schwytz-Pfäffikon-Zurich-Brugg-Aarbourg	253,931	0,0928	0,0057
13 Bellinzona-Locarno-Domo d'Ossola-Chiasso-Bellinzona	262,270	0,0533	0,0032
14 Sargans-Reichenau-Andermatt-Gothard-Bellinzona-Chiasso-Chiavenna-Sargens	540,780	0,1309	0,0056
15 Chiavenna-Chiasso-Domo d'Ossola-Brigue-Morges-Fribourg-Berne-Aarbourg-Brugg-Zurich-Pfäffikon-Sargans-Süs-Chiavenna	963,220	0,1079	0,0034
16 Hospenthal-Furka-Grimsel-Brienz-Lucerne-Schwytz-Hospenthal	238,500	0,0988	0,0063
17 Glacier du Rhône-Brigue-Morges-Berne-Brienz-Gl. du Rhône	439,900	0,1000	0,0048
18 Landquart-Reichenau-Splügen-Chiavenna-Süs-Landquart	261,140	0,0413	0,0025
19 Zurich-Pfäffikon-Sargans-Steckborn-Zurich	275,000	0,0286	0,0017
MOYENNE			0,0030

L'introduction, dans les polygones, de lignes nivelées à double en sens inverse améliorent sensiblement leur clôture, aussi lorsque les

nivellements seront achevés on peut être assuré d'arriver à une précision des plus satisfaisantes et qui permettra sans difficultés, la compensation générale du réseau.

IX

Erreur de clôture dans le passage des Alpes.

Il y aura peut-être un certain intérêt à rappeler ici un fait qui mit en émoi le monde scientifique il y a treize ans.

C'était en 1870, on avait fermé par un double passage des Alpes, le grand polygone comprenant toute la moitié occidentale de la Suisse et qui passe par :

Lausanne, — Fribourg, — Berne, — Aarbourg, — Lucerne, — Schwytz, — Altorf, — col du Gothard, — Bellinzona, — Locarno, — Domo d'Ossola, — Simplon, — Brigue, — Martigny, — Villeneuve, et Lausanne, d'une longueur totale de $729^{k},703^{m}$ et dont le calcul de réduction fait à double et indépendamment aux observatoires de Genève et de Neuchâtel montra une erreur de clôture considérable, — $1^{m},186$.

L'un des ingénieurs avait-il fait trois fois la même erreur de 1 mètre de lecture ou d'écriture pour les 3 fils, en attribuant la fraction (0.186) aux erreurs d'observation, parfaitement admissibles pour un polygone d'une pareille longueur et avec des différences de niveau atteignant 2000 mètres.

Cela paraissait improbable car la mire est numérotée en centimètres de 0 à 300 et le règlement imposé aux ingénieurs prescrit absolument de ne pas enlever l'instrument avant d'avoir vérifié encore une fois le nombre entier de centimètres indiqués sur la mire par le fil du milieu.

Ces raisons et le fait que pareille erreur se rencontrait pour la première fois dans une opération pour laquelle on traversait deux passages élevés des Alpes (Saint-Gothard 2115 mètres et Simplon 2021 mètres), firent naître le soupçon que cette incertitude de $1^{m},20$, pouvait peut-être être attribuée aux perturbations produites par la *déviation de la verticale* sur le nivellement dans les montagnes.

M. le Dr Hirsch, directeur de l'Observatoire de Neuchâtel, étudia

alors l'influence de la déviation de la verticale sur les nivellements géométriques [1], et arriva à la formule :

$$E = - D\iota\xi\alpha \cos \delta$$

dans laquelle : E = l'effet total que la déviation de la verticale produit sur la différence de niveau entre le sommet et le bas de la montagne ;

α = la déviation moyenne de la verticale qui règne sur une pente de montagnes ;

δ = l'angle moyen que la direction générale du nivellement fait avec le plan de la déviation ;

D = la longueur de la ligne de nivellement.

A l'étranger, ce fait fit également la plus grande sensation et fut l'objet de nombreux mémoires.

Citons entre autres : Beiträge zur Theorie des Schussfehlers geometrischer Nivellementspolygone, de M. G. Zachariæ, de Copenhague, publié dans le n° 1916 des « Astronomische Nachrichten. » L'auteur arrive par l'analyse à la conclusion : « qu'on ne peut pas nier *a priori* « la possibilité d'une erreur de clôture de 1 mètre, produite par la « déviation de la verticale dans un polygone des Alpes. »

Puis M. le professeur Bauernfeind, dans son mémoire « Geodœ- « tische Bestimmung der Erdkrummung und Lothablenkung, » lu le 2 mars 1872 à l'Académie de Munich. Ce savant va encore plus loin, car il expose tout au long une méthode par laquelle en faisant se croiser les lignes de niveau de 2 instruments et en lisant leurs indications sur 3 mires disposées convenablement, on peut trouver l'angle entre ces deux lignes de niveau, et par conséquent l'angle entre les 2 verticales passant par les 2 instruments. En combinant cet angle avec la distance des instruments, on obtiendrait ainsi la courbure des surfaces de niveau de station en station.

La commission qui dirigeait le nivellement se borna à la plus simple des mesures, elle fit niveler à nouveau la ligne du Gothard et celle du Simplon, aussi le 3 juin 1873, l'ingénieur trouva entre les repères 36 (Canobio) et 37 (Santa-Maria-Maggiore), une différence dépassant de plus d'un mètre celle trouvée en 1870. Cette section fut de nouveau

1. Voir : *Actes de la 55e Section helvétique des Sciences naturelles réunie à Fribourg en 1872*, pages 103 et seq.

nivelée deux fois et l'on acquit la certitude que l'erreur de clôture du polygone des Alpes était bien due à une simple erreur de lecture de mire, toutefois difficile à s'expliquer de la part d'un opérateur aussi consciencieux que M. Schönholrer, car cette erreur de lecture a dû être répétée 3 fois (une fois par profil) et qu'il aurait dû avant de déplacer son instrument vérifier par un dernier coup d'œil dans la lunette, le chiffre des centimètres.

Ainsi s'envolèrent les trop savants calculs et les nouvelles théories des savants allemands.

X

Repères fondamentaux. Raccordement avec les États voisins.

Nous avons cherché dans cette notice à faire connaître un travail important, dû à l'initiative d'une société scientifique, lequel se poursuit régulièrement depuis dix-huit ans et qui, selon toute apparence sera achevé l'année prochaine. Ce travail a un véritable intérêt international, car il relie maintenant ensemble la France, l'Autriche, l'Alsace, le Würtemberg, le Grand-Duché de Bade, l'Italie et la Bavière par un nivellement de premier ordre. Il se relie en effet :

1°) *A la France*, par Genève, — La Cure, — Le Chasseral, — Morteau ;

2°) *A l'Italie*, par Iselle, — Domo d'Ossola, — Chiavenna, — Chiasso ;

3°) *A l'Alsace*, par Saint-Louis ;

4°) *Au Grand-Duché de Baden*, par Bâle, — Säckingen, — Waldshut, — Albbruck, — Constance ;

5°) *A la Bavière*, par Fussach, — le pont sur la Mühle ;

6°) *A l'Autriche*, par S. Margarethen, — Fussach, — Martinsbruck.

Il y a ainsi une vingtaine de repères posés sur les États frontières de la Suisse et que nous pouvons appeler des *repères fondamentaux* et qui permettront à chaque État de rattacher leur nivellement particulier avec celui d'autres pays.

Il ne reste plus qu'à provoquer une conférence internationale des États d'Europe pour qu'elle arrête définitivement le *zéro* qui servira de base pour exprimer en chiffres les altitudes. Ce point qui semble *a priori* devoir être choisi à un niveau déterminé de la Méditerrannée, sera plus facile à fixer que le Méridien initial international, qui est presque définitivement arrêté, malgré les susceptibilités nationales qu'il éveille.

Il est incontestable qu'un plan de comparaison international s'impose actuellement d'une manière pressante.

Qu'il me soit permis en terminant de signaler le talent, le dévouement et la persévérance des deux directeurs de ce grand et beau travail; M. le Dr A. Hirsch, à Neuchâtel et M. le professeur Émile Plantamour, de Genève, lequel n'a pu voir achever ce travail qu'il a largement subventionné en temps et en argent. M. Plantamour est mort le 6 septembre 1882.

NOTE (p. 659)

J'ai signalé, comme une cause probable d'erreur dans un nivellement, le tassement de l'instrument sur un terrain mou, supérieur à celui que peut subir la mire qui repose sur une large plaque métallique, serrée sur le sol à coups de talon. Le tassement de l'instrument a pour effet de donner pour le coup avant une lecture un peu plus faible que si le tassement n'avait pas eu lieu. Il s'ensuit qu'en *montant*, c'est-à-dire qu'en partant d'une vallée pour atteindre un col, on trouvera une différence de niveau *trop forte*. Si, au contraire, on part d'un col pour gagner le fond d'une vallée, le coup avant trop faible, a pour conséquence de donner une différence de niveau *trop faible*.

Pour vérifier cette cause théorique d'erreur, j'ai recherché dans les nivellements les lignes à pente continue et nivelées à double, une fois en montant, l'autre fois en descendant, et j'ai pu dresser le tableau suivant, qui confirme sans exception cette cause systématique d'erreur.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR	DIFFÉRENCES DE NIVEAU		Différence en montant	Pour 100 mètres	ERREUR par kilomètre
		en montant	en descendant			
	k.	m.	m.	m.	m.	m.
Brigue-Hospice Simplon....	22,748	1324,6168	1324,3949	0,2219	0,0168	0,00977
Brienz-Col du Grimsel.....	41,867	1605,6583	1605,3124	0,3459	0,0215	0,00824
Glacier du Rhône - Col du Grimsel.....	3,509	460,7819	460,7301	0,0518	0,0113	0,01500
Villeneuve-Brigue.....	121,571	316,4533	316,2915	0,1617	0,0501	0,00133
Brigue-Glacier du Rhône...	47,886	1030,9510	1030,8022	0,1488	0,0144	0,00310
Bienne-Tavannes.....	15,426	318,1305	318,1205	0,0100	0,0031	0,00062
Chiavenna-Maloja.....	31,431	1484,7842	1484,7591	0,0251	0,0017	0,00080
Bellinzona-Monte Cenere...	12,987	318,4328	318,4145	0,0173	0,0053	0,00130
Thusis-Village de Splügen..	25,891	739,6601	739,6390	0,0211	0,0029	0,00807
Village de Splügen - Col du Splügen.....	8,558	658,1791	658,1687	0,0104	0,0016	0,00120
Col du Splügen-Campodolcino	15,986	1010,4735	1010,4494	0,0641	0,0063	0,00400
Campodolcino-Chiavenna ...	12,771	783,4260	783,4050	0,0210	0,0027	0,00161
Süss-Martinsbruck	38,939	391,9169	391,8807	0,0362	0,0092	0.00092

J'avais signalé ce fait à M. le Dr A. Hirsch, directeur de l'observatoire de Neuchâtel, et qui dirige le nivellement de précision de la Suisse.

Voici ce qu'il eut l'obligeance de me répondre par lettre du 30 novembre :

« 1° Sans doute on doit admettre théoriquement qu'un tel tassement peut se produire et doit avoir pour effet celui que vous indiquez ;

« 2° Cette source d'erreur, le tassement de l'instrument, se confond nécessairement avec le tassement de la mire, car comme ce dernier donne des *coups arrière trop forts*, il a le même effet sur le résultat que le tassement de l'instrument, qui donne des coups avant trop faibles ;

« 3° Le tassement de l'instrument doit être sensiblement moins fort que celui des mires par ces deux raisons :

« *a*) Parce que le trépied se terminant par des pointes aiguës en fer, doit, lorsqu'on l'enfonce avec force (comme le prévoit le règlement) percer la couche molle de la boue ou de la poussière, et pénétrer jusqu'au véritable tablier de la route en pierres, qui résistera sans céder sensiblement au faible poids de l'instrument.

« *b*) Parce que le temps pendant lequel l'instrument reste en station est moins long que celui pendant lequel la mire reste en place, puisqu'on transporte plus vite la mire en avant que l'instrument d'une station à la suivante.

« Pour les raisons 2 et 3, nous n'avons pas cru nécessaire de distinguer, dans l'effet du tassement, d'une manière spéciale, celui (beaucoup plus faible en tous cas) dû à l'instrument.

« Vous trouverez dans la 9e livraison, à laquelle je travaille et qui paraîtra l'année prochaine, une étude détaillée du tassement. Je me borne à mentionner aujourd'hui seulement que l'effet du tassement, toutes circonstances (de terrain, etc.) du reste égales, est proportionnel au nombre des coups de niveau ou plutôt des stations, et par conséquent dépend plutôt de la longueur de la ligne nivelée que de la différence de niveau, laquelle ne peut avoir qu'une influence indirecte, en rendant, si elle devient considérable, les distances des mires plus courtes et par conséquent les stations plus nombreuses pour la même longueur. »

EXCURSION

EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE

PREMIÈRE PARTIE

Le Comité ayant décidé que, dans le mois de septembre, il serait fait appel à ceux des membres de la Société qui désireraient se rendre à l'exposition d'Amsterdam, le Bureau jugeant en outre qu'il convenait de profiter de cette circonstance pour faire suivre le voyage antérieurement fait au Havre, d'une visite analogue à Anvers, Amsterdam et Rotterdam, s'occupa d'organiser une excursion en Belgique et en Hollande.

Il s'adressa en Belgique à M. Belpaire, correspondant de la Société et en Hollande, à nos collègues hollandais, MM. Vrolik et Cluysenaer, qui voulurent bien se charger de poser les bases du programme du voyage et d'en régler les détails d'exécution.

Sur la demande d'un grand nombre de nos collègues de Belgique, il fut décidé qu'après avoir visité Anvers en nous rendant en Hollande, nous nous arrêterions, au retour d'Amsterdam, à Bruxelles et à Liège.

L'excursion eut donc lieu du 18 au 25 septembre et le compte rendu qui en est fait ici, sera divisé en trois parties distinctes :

1° Visite d'Anvers ;
2° Excursion en Hollande ;
3° Excursion de Bruxelles à Liège.

Nous tenons à faire figurer dans le compte rendu les détails de la réception qui a été faite à la délégation de la Société, afin de constater toute l'étendue des obligations que la Société tout entière a contractées envers les ingénieurs étrangers qui nous ont si cordialement accueillis et reçus.

La Compagnie du Nord a mis à notre disposition, au départ de Paris, deux voitures de première classe, destinées à nous suivre pendant tout le voyage. A Bruxelles, on y a joint une voiture-salon de l'État-Belge, et en Hollande un salon de la Compagnie des chemins de fer de l'État et le tout a constitué le train spécial, dans lequel nous avons circulé, de Bruxelles à Amsterdam et d'Amsterdam à Bruxelles et Liège, pendant les huit jours de notre excursion.

Le départ a eu lieu de Paris le mardi 18 septembre, à 7 heures 30 du matin. A notre arrivée à Bruxelles, nos collègues de Belgique étaient réunis à la gare, où la délégation de la Société a été reçue par M. Belpaire, administrateur de l'État-Belge et M. Ramaekers, ingénieur en chef, et où nous attendait le train spécial qui nous a immédiatement conduits à Anvers.

MARDI 18 SEPTEMBRE 1883

(Départ de Paris; 7h30 du matin. — Arrivée à Anvers, à 3 heures)

ANVERS

18 et 19 septembre 1883.

18 *septembre.* — Réception à l'Hôtel de Ville d'Anvers. — Visite au musée Plantin. — Dîner au Rocher de Cancale. Toast au Roi. Toast de M. Lefèvre, échevin chargé des travaux publics. — Procès-verbal de la séance tenue à l'Hôtel de Ville, à 9 heures du soir : Communication de MM. De Mathys, Royers, Derudder et Hersent.

19 *septembre.* — Visite des bassins et des installations hydrauliques. — Visite en bateaux de la ligne des quais de l'Escaut, de l'atelier des Caissons et d'un caisson en fonçage. — Déjeûner au Rocher de Cancale, offert par l'entreprise Couvreux et Hersent. — Départ d'Anvers, à 2 heures.

VISITE A M. LE BOURGMESTRE, A L'HOTEL DE VILLE

M. LE PRÉSIDENT. M. le Bourgmestre, j'ai l'honneur de vous présenter mes collègues, membres de la Société des Ingénieurs civils de France.

M. L'ÉCHEVIN. Messieurs, en l'absence de M. le Bourgmestre et en ma qualité d'Échevin chargé des travaux publics de la ville d'Anvers, je suis très heureux de recevoir les membres de la Société des Ingénieurs civils de France et de leur souhaiter la bienvenue dans notre ville d'Anvers.

Notre cité offre le plus grand intérêt au point de vue commercial et au point de vue artistique.

Métropole du commerce, elle possède d'importants établissements maritimes, que le gouvernement et l'administration communale s'efforcent, d'un commun accord, de développer et de mettre en rapport avec l'accroissement du mouvement maritime et du trafic considérable que lui amènent son beau fleuve et son antique réputation de loyauté.

Métropole des Arts, Anvers renferme des richesses artistiques connues dans le monde entier, au nombre desquelles je me plais à vous citer le musée Plantin, que je vous engage beaucoup à visiter.

Dans la visite que vous allez faire de notre ville, nos immenses travaux maritimes vous diront que tous nos efforts tendent à maintenir le port d'Anvers au rang que vous lui connaissez ; et les richesses de nos musées vous prouveront que les Arts et le Commerce vivent côte à côte dans la cité de Rubens et de Van Dyck.

Partout où vous vous présenterez, un accueil bienveillant vous attend.

Nous tenons à honorer en vous les représentants de la science. A côté de MM. les Ingénieurs et les Fonctionnaires supérieurs des Ponts et Chaussées, à côté des Ingénieurs civils belges qui se trouvent parmi vous, je vous présente M. l'Ingénieur en chef de la ville, M. Royers, qui se met à votre entière disposition.

Encore une fois, Messieurs, soyez les bienvenus ! (*Vifs applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. Monsieur l'Échevin, je dois vous remercier, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, de votre bienveillant accueil.

Nous venons à Anvers parce que nous savons que nous avons beaucoup à y voir, beaucoup à y entendre et à y apprendre.

Les travaux considérables et les richesses artistiques dont vous nous parlez attirent sur la ville d'Anvers les yeux de toute l'Europe. Ces travaux, nous les connaissons déjà un peu par les communications et par les rapports faits à la Société des Ingénieurs civils ; mais, nous avons voulu voir nous-mêmes, et nous sommes heureux, Monsieur le Bourgmestre, que vous vouliez bien, nous faciliter cette visite, et nous vous remercions de la cordialité avec laquelle vous voulez bien nous recevoir.

Sur l'invitation de M. l'Échevin, les membres de la Société se rendent à l'ancienne imprimerie Plantin, transformée en musée.

Ce musée renferme des collections précieuses de manuscrits, de livres et de gravures, et tout l'outillage qui a appartenu pendant plus de deux siècles à la famille Plantin et à Moretus, gendre du dernier des Plantin. Le tout est installé dans l'ancienne imprimerie Plantin-Moretus, achetée par la ville d'Anvers, il y a quelques années.

Un grand nombre de vignettes, de missels et de dessins sont de Rubens, ami de la famille Plantin, ainsi que les beaux portraits des membres de cette famille.

Christophe Plantin, fondateur de cette imprimerie *historique*, était français ; il est né à Tours en 1514, et fonda son imprimerie à Anvers en 1555. Son établissement remonte donc à l'origine de l'imprimerie.

A 6 heures du soir, les membres de la Société se réunissent au Rocher de Cancale, dans un dîner auquel étaient invités M. Lefèvre, échevin, M. De Matthys, ingénieur des ponts et chaussées, M. Royers, ingénieur en chef de la ville d'Anvers et M. Derudder, ingénieur de l'État belge.

A la fin du repas, les toasts suivants sont portés :

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs et chers collègues, il convient, en arrivant dans ce pays, où nous sommes si bien reçus, que nous nous conformions à ses usages.

Je vous demande donc de vous associer au toast que j'ai l'honneur de porter à la santé du Roi, à la santé du sage et populaire Souve-

rain, protecteur éclairé des Arts et des Sciences, sous le sceptre duquel, la Belgique florissante marche en tête des nations dans la voie du progrès.

Je bois, Messieurs, à la santé de S. M. le Roi des Belges. (*Bravo! applaudissements unanimes.*)

M. le Président. Messieurs, c'est la première fois, depuis 35 ans qu'elle existe, que la Société des Ingénieurs civils de France fait un voyage à l'étranger ; c'est la première fois que nous sortons de France, et nous sommes heureux de recevoir un accueil comme celui que nous avons reçu en Belgique, comme celui que nous recevons à Anvers. Nous sommes venus voir, à Anvers, comment l'association des efforts de l'État d'un côté, et de l'administration communale de l'autre, a permis, non seulement d'assurer l'exécution de travaux considérables pour l'établissement d'un vaste port, mais encore de munir ce port de tout l'outillage nécessaire. C'est surtout cette question de l'outillage du port qui nous intéresse, que nous tenons à étudier à Anvers.

Nous avons eu la bonne fortune de réunir ici MM. les Ingénieurs représentant les administrations qui ont conçu et construit ce port immense. Je porte donc un toast à la ville d'Anvers, représentée ici par un de ses Échevins, et je bois à la santé de tous nos invités. (*Applaudissements prolongés.*)

M. Lefebvre, Échevin des travaux publics. Messieurs, je répondrai au nom des invités ici présents, en mon nom personnel, et au nom de l'administration communale d'Anvers, en remerciant M. votre Président du toast chaleureux qu'il nous a porté. Messieurs, je crois être également l'interprète de mes collègues, en vous remerciant vivement de l'accueil que vous avez fait au toast porté par votre honorable Président, vous, Messieurs, les hommes de la science, qui vous donnez la peine de faire une excursion en Belgique et en Hollande pour étudier, voir, discuter et examiner ces questions techniques que vous avez l'habitude de résoudre si bien dans l'intérêt général, au profit de la société moderne. C'est un bienfait dont nous profitons tous et pour lequel je ne puis assez vous témoigner ma vive reconnaissance.

Je bois, Messieurs, à votre Président, à vous tous ! Et, dans la réponse que j'ai l'honneur de faire au toast de votre honorable Président, je confondrai l'intérêt des grands établissements, des grandes

administrations que vous représentez, des grandes administrations de la France, parce qu'il y a un lien de solidarité qui unit la France à la Belgique, surtout au point de vue commercial.

Je bois donc, Messieurs, à votre santé. (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs nous sommes en retard; vous savez que nous avons séance, ce soir, à l'Hôtel de Ville; et je vous propose de nous y rendre immédiatement.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE TENUE LE MARDI 18 SEPTEMBRE

à l'Hôtel de Ville d'Anvers

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST MARCHÉ

La séance est ouverte à neuf heures un quart du soir.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, cette séance, vous le savez, doit consister à écouter les personnes qui veulent bien nous indiquer les conditions générales d'installation des établissements du port d'Anvers, de manière à nous faciliter la visite que nous devons en faire demain matin.

Je donne la parole à M. de Matthys, ingénieur des ponts et chaussées, qui s'est occupé de l'ensemble de ces travaux, depuis que le projet en a été élaboré, et qui, depuis le commencement des travaux, en dirige l'exécution.

M. DE MATTHYS. Messieurs, M. Belpaire m'a demandé de vous exposer quelques considérations générales au sujet du projet des nouvelles installations maritimes du port d'Anvers. Ces considérations générales je les ai réunies dans une note, dont je me permets de vous donner lecture.

Indication, but et coût des nouvelles installations maritimes. — Les nouvelles installations maritimes du port d'Anvers consistent dans l'amélioration de la rade et de ses abords.

Elles ont pour but le développement du mouvement commercial de ce port.

Leur dépense peut être estimée à environ quatre-vingt-dix millions de francs.

Historique des projets des nouvelles installations maritimes. — Les considérations qui ont conduit à la confection du projet des nouvelles installations maritimes, peuvent se résumer comme suit :

Avant la rédaction de ce projet, la situation de la rade d'Anvers et de ses abords était la suivante (voir planche I, ci-annexée) :

La rade était défectueuse et la navigation y était soumise à de nombreuses sujétions.

La profondeur d'eau manquait au pied des quais de la rive droite et les navires d'une certaine importance se trouvaient dans l'impossibilité d'y stationner.

Les quais de la rive droite avaient une largeur maxima de 30 mètres ; ils étaient interrompus par les canaux de la ville affectés au stationnement des bateaux d'intérieur ; d'autre part, ils étaient dépourvus d'engins élévateurs, de hangars et de voies ferrées.

Cette situation imparfaite les rendait impropres à la réception et à l'expédition des marchandises dans de bonnes conditions.

La communication entre les deux rives n'était établie que par un service de bateaux à vapeur.

La défectuosité de la rade provenait de son irrégularité.

Cette irrégularité s'observait à la configuration des rives, à leur écartement, à la forme du lit.

Elle contraignait le flot et le jusant à parcourir, dans la rade, des sinuosités brusques différentes pour chacun de ces courants.

L'absence de parallélisme de ceux-ci avait pour conséquence de réduire leur puissance vive, leur travail de curage utile et, par suite, le mouillage de la rade.

Le défaut de profondeur contre les murs de quai de la rive droite était dû à leur forme partiellement convexe et à leur irrégularité, qui éloignaient le flot et le jusant de leur pied.

J'ajouterai que le fond de la rade est formé de sable presque pur dont la résistance augmente avec la profondeur.

Les mesures propres à la suppression des inconvénients qui viennent d'être énumérés me paraissaient être les suivants (voir planche I) :

1° Le redressement des rives de la rade suivant deux lignes régulières continues présentant un léger évasement de l'amont à l'aval, et la régularisation du lit de la rade ;

2° La concavité, vers l'Escaut, de la rive droite redressée ;

3° La construction, le long de celle-ci, d'un mur de quai fondé à l'air comprimé ;

4° L'élargissement des quais de la rive droite ; le comblement des canaux de la ville et l'outillage perfectionné des quais élargis ;

5° La construction d'un pont sur l'Escaut.

Au commencement de l'année 1870, la question de reconstruction d'une partie du mur de quai de la rive droite, au nord, et de l'édification d'un nouveau mur de quai au droit des terrains de la citadelle démantelée du sud, fut soumise à mon examen.

Je saisis cette occasion de proposer, à l'administration des ponts et chaussées, un projet complet d'amélioration de la rade et de ses abords, comprenant l'exécution des mesures prémentionnées aux n°s 1 à 5, inclusivement.

Ce projet porte la date du 18 février 1870.

L'administration communale et la Chambre de commerce de la ville d'Anvers ayant eu connaissance de ce projet, sollicitèrent, du gouvernement, l'étude des idées qu'il préconisait.

Par arrêtés ministériels des 16 juillet et 20 août 1870, fut instituée une commission chargée de dresser, sous réserve d'approbation, un plan d'ensemble des quais à construire ou à redresser le long de l'Escaut, à Anvers, et d'émettre son avis sur toutes les questions se rattachant au tracé et au plan qu'il convenait d'adopter pour les murs de quai à construire et à reconstruire éventuellement.

Le travail de la commission, daté du 10 novembre 1870, conclut, en ce qui concerne la rade, à l'adoption des mesures que j'avais proposées, sauf la construction du pont sur l'Escaut.

La loi du 17 avril 1874 décréta l'exécution des nouvelles installations maritimes :

Ces installations comprennent :

1° Le redressement de la rive droite de l'Escaut, devant Anvers ;

2° L'élargissement des quais et leur outillage perfectionné ;

3° Le comblement des canaux affectés au stationnement des bateaux d'intérieur ;

4° La construction d'un pont sur l'Escaut, au sud de la ville ;

5° L'établissement d'une gare de chemin de fer au sud et de voies ferrées le long des nouveaux quais ;

6° Le creusement d'un bassin de batelage sur les terrains de la citadelle démantelée du sud.

Tous les travaux énumérés ci-avant sont à charge de l'État, sauf l'outillage des quais, lequel incombe à la ville d'Anvers.

La gestion des nouvelles installations maritimes est confiée à celle-ci.

Les recettes brutes, après défalcation des frais de gestion et d'une somme fixe de 150,000 francs, bonifiée à la ville, sont partagées proportionnellement aux dépenses de premier établissement faites par l'État et par la ville.

Par arrêté royal du 17 avril 1874, fut instituée une commission chargée de donner son avis sur les plans et projets des nouvelles installations maritimes du port d'Anvers, décrétées par la loi précitée du 17 avril 1874.

Cette commission fut saisie de plusieurs projets; elle les examina et rédigea le cahier des charges de 1875 renseignant les travaux à exécuter et les conditions concernant cette exécution.

Les clauses principales de ce cahier des charges peuvent se résumer comme suit :

1° L'entreprise constitue un forfait sauf en ce qui concerne les éventualités de dragage de la rade et de descente des fondations du mur de quai ;

2° Les soumissionnaires doivent indiquer le ou les systèmes qu'ils se proposent de suivre dans l'exécution des travaux, ainsi que la nature et la provenance des matériaux à mettre en œuvre, et compléter ces indications par les plans, profils et renseignements nécessaires pour que l'administration puisse apprécier en pleine connaissance de cause le mérite des projets présentés ;

3° L'entreprise a pour objet : *a*) la construction d'un mur de quai le long de la rive droite de l'Escaut, à Anvers;

b) une digue de raccordement entre l'amont de ce mur et l'ancienne rive ;

c) les travaux de dragage à exécuter dans la partie de l'Escaut rétrécie par la construction du mur de quai, et les déblais et démolitions à faire dans la partie élargie ;

d) les terrassements nécessaires pour remblayer les parties du fleuve incorporées à la rive droite et les canaux supprimés ;

e) la construction d'un bassin de batelage et de ses dépendances.

Le cahier des charges prescrit, d'ailleurs, les conditions principales à remplir par ces travaux ;

4° Les matériaux doivent être préparés avec les plus grands soins et mis en œuvre conformément aux règles de l'art ; ils seront, chacun dans son espèce, de la meilleure qualité ;

5° La durée des travaux est de six ans, sept mois ;

6° Les payements auront lieu par acomptes de trois cent mille francs.

Les entrepreneurs ayant exécuté de grands travaux et d'une solvabilité reconnue furent seuls admis à soumissionner.

Plusieurs soumissions furent adressées au gouvernement. Après un examen des plus minutieux, fait par la commission du 17 avril 1874, l'entreprise des nouvelles installations maritimes fut adjugée à MM. Couvreux et Hersent, moyennant la somme de 38;275,225 fr.

Indications générales au sujet des travaux formant l'objet de l'entreprise Couvreux et Hersent. — Les indications générales au sujet des travaux de cette entreprise peuvent se résumer comme suit :

Redressement de la rive droite (voir planche I). — Ce redressement est tracé suivant une courbe concave vers la rade, s'étendant depuis l'extrémité sud de l'enceinte des fortifications jusqu'au chenal d'accès à l'écluse maritime du bassin du Kattendyck, — et il est raccordé, par la tangente menée à son extrémité amont, à l'ancienne rive de l'Escaut.

Il est formé de quatre alignements — tangents à leurs extrémités juxtaposées — qui se présentent, comme suit, à partir de l'amont :

1° Alignement droit d'une longueur de	470m,00
2° Alignement circulaire, d'un rayon de 2,650 mètres et d'un développement de.	1,500m,00
3° Alignement circulaire d'un rayon de 20,155 mètres et d'un développement de.	1,568m,00
4° Alignement circulaire d'un rayon de 1,025 mètres et d'un développement de.	678m,00
Total.	4,216m,00

Mur de quai à l'Escaut (voir planche II). — Ce mur est construit en briques, avec parement et tablette de couronnement en pierre de taille, au moyen de caissons foncés par l'emploi de l'air comprimé.

Il est du type dit à redans, et ses dimensions sont calculées de manière à résister à une surcharge de six tonnes par mètre carré de quai, déposées tant sur le mur que sur le terre-plein du quai.

Il s'étend, le long de la rive droite redressée, entre le revêtement nord du bassin d'échouage et le revêtement sud du chenal d'accès à l'écluse maritime du Kattendyck.

Il a une longueur totale d'environ 3,500 mètres.

Son assiette de fondation est située à des profondeurs qui varient de 10^{m},50 à 16 mètres, sous le niveau de marée basse ;

D'autre part, sa crête de couronnement est à 6^{m},35 au-dessus de ce niveau.

Sa section transversale varie de 100 à 150 mètres.

Elle a pour largeur :

1° Sur toute la hauteur des fondations. . . . . 9^{m},00
2° Immédiatement au-dessus de la fondation. . . . . 7^{m},00
3° Immédiatement au-dessous de la tablette de couronnement. . . . . 1^{m},99

La différence des largeurs prémentionnées est rachetée :

1° Celles de 9 mètres et de 7 mètres, par deux retraites ayant respectivement, du côté du fleuve, 1^{m},50 et du côté des terres, 0^{m},50 ;

2° Celles de 7 mètres et de 1^{m},99, par un fruit du côté du fleuve, et par des retraites, du côté des terres.

L'arrière du mur est garni d'un massif en terre de Schorre.

Le mur de quai est formé de tronçons juxtaposés, reliés par des joints et par une superstructure continue (voir planche III).

Chaque tronçon a une longueur de 25 mètres, une largeur à la base de 9 mètres et une hauteur variable, comprise entre l'assiette de fondation et un niveau situé à 0^{m},60 au-dessus de marée basse.

Il est construit au moyen d'un caisson métallique et par l'emploi de l'air comprimé.

Le caisson n'est qu'un moyen d'exécution ; il reste dans le sol.

Les tronçons se touchent au-dessous du niveau supérieur des fonda-

tions; au-dessus de ce niveau, les joints qui les séparent, sont remplis de béton.

Ces joints ont une épaisseur d'un mètre et sont fermés, du côté du fleuve et du côté des terres, par des cadres en charpente et limités, dans le sens vertical, par le dessus de la fondation et par le sommet des tronçons.

La superstructure du mur ne présente aucune circonstance de nature à être signalée.

Le mur de quai est garni de montants d'accostage, de bornes d'amarrage et d'échelles.

Il est raccordé, par des musoirs, aux revêtements des chenaux des bassins et découpé par trois enclaves destinées à servir de logement à autant d'embarcadères flottants.

Ces derniers sont formés, chacun, d'un ponton raccordé, aux quais de l'Escaut, par une passerelle.

Deux de ces embarcadères sont identiques; ils ont un ponton de 20 mètres de longueur, sur 10 mètres de largeur et une passerelle de $3^{m},50$ de largeur entre les axes des longerons de rive.

Le troisième embarcadère est formé d'un ponton de 100 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur, relié aux quais par une passerelle de 6 mètres de largeur entre les axes des longerons de rive.

Digue de raccordement (voir planche I). — Cette digue raccorde l'extrémité amont du nouveau mur de quai à la rive droite de l'Escaut.

Elle a une longueur de 720 mètres et une largeur en crête, de 4 mètres; sa largeur, à la base, varie avec la profondeur à laquelle elle est fondée.

Elle consiste en un noyau en sable, revêtu par un corroi en terre de Schorre et protégé, du côté du fleuve, par un perré en moellons.

Dans les grandes profondeurs de l'Escaut, elle est assise sur un massif en fascinage, obtenu par la superposition de plates-formes coulées.

Bassin de batelage et ses dépendances (voir planche I). — Ce travail comprend :

1° Le bassin;

2° L'écluse ;

3° Le chenal d'accès de l'écluse à l'Escaut.

Bassin. — Le bassin a une superficie d'environ 4 hectares.

Il est subdivisé, par deux chenaux, en trois parties.

Chacun de ces chenaux est franchi par un pont tournant pour voitures et piétons.

Le plafond du bassin et des chenaux est à 2 mètres sous le niveau de marée basse.

Le mouillage du bassin est de 5m,65.

Le bassin est formé de murs en maçonnerie.

Ces murs ont des dimensions suffisantes pour résister à une surcharge de 6 tonnes, par mètre carré de quai, déposées tant sur le mur que sur le terre-plein du quai.

Ils sont fondés à 3 mètres sous marée basse, sur un massif en béton de 1 mètre d'épaisseur, limité par un coffre en charpente ; leur crête est à 6m,35 au-dessus du niveau de marée basse.

Les chenaux qui relient les trois parties du bassin ont, chacun, une longueur de 20 mètres et une largeur de 10 mètres.

Les ponts ont une voie charretière de 5m,25 de largeur et deux trottoirs de 1 mètre de largeur, chacun.

Écluse. — L'écluse est en maçonnerie.

Elle a une longueur totale de 146 mètres, qui se décompose comme suit :

1° Tête amont.	33m,00
2° Sas.	75m,00
3° Tête aval.	38m,00
Total ci-avant.	146m,00

La largeur de l'écluse est :

1° Têtes.	13m,00
2° Sas.	25m,00

Le dessus des buscs de l'écluse est à 1m,70 sous le niveau de marée basse et le radier du sas, à 2 mètres sous ce même niveau.

La crête des bajoyers de l'écluse est à 6m,35 au-dessus du niveau de marée basse.

La tête amont de l'écluse est fondée sur encoffrement en béton et la tête aval, au moyen d'un caisson — d'une surface de 920 mètres et d'un poids de 350,000 kilogrammes — foncé par l'emploi de l'air comprimé.

Le niveau de l'assiette des fondations sous mer basse est :

1° Pour la tête amont.	4m,50
2° Pour le sas.	3m,00
3° Pour la tête aval.	6m,65

L'épaisseur des radiers est :

1° Tête amont.	2m,80
2° Sas.	1m,00
3° Tête aval.	4m,95

La tête d'amont est munie d'une porte d'ebbe ; celle d'aval, d'une porte d'ebbe et d'une porte de flot ; le tout formant six vantaux.

Ceux-ci sont construits en fer, sans roulettes d'appui.

Le sassement est opéré, à volonté, par des larrons ménagés dans les bajoyers ou par des ventelles disposées contre les vantaux des portes.

Sur chacune des têtes de l'écluse est installé un pont tournant destiné au roulage et au passage du chemin de fer.

Ces ponts ont, y compris les trottoirs, une largeur de 8m,50.

Chenal d'accès de l'écluse à l'Escaut. — Ce chenal a une longueur de 50 mètres et une largeur d'autant.

Il est bordé de murs en maçonnerie du même type que ceux des quais à l'Escaut.

Son fond est à 2m,50 sous mer basse.

Matériaux. — Les principaux ouvrages exécutés dans la construction du mur de quai à l'Escaut et du bassin de batelage consistent en maçonneries de briques, de pierre de taille et en béton.

Les briques sont confectionnées, une partie à la main et l'autre à la machine.

La pierre de taille est du calcaire provenant, celle de grand appareil, des Écaussines, et celle des moellons de parement, des environs de Namur.

Le mortier pour maçonnerie comprend : trois parties chaux éteinte, deux sables, une trass.

Le béton est composé de parties égales de pierrailles, de briquaillons et de mortier. Ce dernier comprend : quatre parties chaux éteinte, deux trass et une sable.

La chaux est éminemment hydraulique.

Délai d'achèvement. — Les travaux ont été entamés le 4 septembre 1877 et seront, selon toute probabilité, achevés dans le délai prescrit de six ans

Situation actuelle des travaux.— Il ne reste plus à construire qu'une longueur de mur de quai d'environ 350 mètres et qu'à installer les deux embarcadères flottants d'aval.

Coût des travaux. — Le coût des travaux de l'entreprise Couvreux et Hersent, s'élèvera, en chiffres ronds, à. . . Fr. 43,686,900 »

Cette somme se subdivise comme suit :

1° Montant de la soumission.	Fr.	38,275,225 »
2° Travaux supplémentaires.	Fr.	5,411,675 »
Total ci-avant. . .	Fr.	43,686,900 »

Le montant des travaux supplémentaires se décompose comme suit :

1° Descente des fondations.	Fr.	4,375,800 »
2° Dragages.	Fr.	675,000 »
3° Divers.	Fr.	360.875 »
Total ci-avant. . . .	Fr.	5,411,675 »

Les travaux de l'entreprise Couvreux et Hersent sont construits dans des conditions parfaites. Le nouveau mur de quai à l'Escaut est complètement étanche. Pas une pierre n'en a bougé.

Résultats obtenus, à ce jour, par l'exécution des travaux de l'entreprise Couvreux et Hersent. — Le résultat décisif des travaux de redressement de la rive droite de la rade et de régularisation de celle-ci ne pourra être constaté qu'après leur achèvement com-

plet et notamment après la disparition de la tête de grue qui constitue un puissant obstacle à la réalisation du parallélisme des courants de flot et de jusant.

Toutefois les avantages obtenus jusqu'à ce jour sont déjà très remarquables et permettent d'augurer favorablement du résultat final.

Devant les parties de quai redressées, la rade s'est considérablement améliorée et, au pied des nouveaux murs, se maintient, sous mer basse, une profondeur d'eau supérieure à 8 mètres. La situation est telle que les navires calant 8 mètres parviennent à y accoster et à y stationner en toute sécurité.

Travaux et dépenses à faire en dehors de l'entreprise Couvreux et Hersent. — Le montant de la dépense des travaux des nouvelles installations maritimes du port d'Anvers, estimé, ci-avant, à environ 90,000,000 de francs, comprend, outre la somme prémentionnée de 43,686,900 francs se rapportant aux travaux de l'entreprise Couvreux et Hersent, les frais afférents aux expropriations faites en vue de l'élargissement des quais, à l'établissement de la gare du Sud et des voies ferrées desservant ces quais, à l'outillage de ceux-ci et à la construction du pont sur l'Escaut.

Élargissement des quais redressés de la rive droite. — Les expropriations, destinées à donner aux quais une largeur normale de 100 mètres, ont comporté l'acquisition d'environ 600 immeubles.

Elles donneront lieu à une dépense estimée approximativement à 23,000,000 de francs.

Construction du pont sur l'Escaut. — La construction du pont sur l'Escaut, bien que décrétée, par la loi du 17 avril 1874, est encore à l'état de projet.

Je m'arrête ici, Messieurs, les questions se rattachant à l'établissement de la gare du Sud et des voies ferrées, à l'outillage complémentaire des quais et aux moyens d'exécution des nouveaux murs, étant spécialement des ressorts respectifs de MM. de Rudder, ingénieur en chef à l'administration des chemins de fer de l'État, Royers, ingénieur

de la ville d'Anvers, et de MM. les entrepreneurs Couvreux et Hersent.

M. LE PRÉSIDENT. Je vous remercie de cet exposé si intéressant, que nous insérerons dans nos bulletins.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. Royers.

M. ROYERS. Messieurs, je regrette vivement que nous n'ayons été informés de votre visite, qui nous est si agréable, que depuis trois ou quatre jours : il m'a été absolument impossible, en si peu de temps, de préparer l'objet d'une conférence ; je devrai donc me borner à une causerie plus ou moins familière, et pour ainsi dire, à bâtons rompus ; mais j'espère que vous voudrez bien me tenir compte de ma bonne intention et me pardonner le décousu qui pourrait régner dans cet exposé. Il m'a semblé que ce qui pourrait être le plus intéressant à connaître c'est l'installation des établissements maritimes du port d'Anvers, la manière dont se fait l'exploitation, et la manière dont l'État et la Ville d'Anvers se sont réparti le rôle important qu'ils ont à jouer dans ces installations.

Mais avant tout il m'a paru nécessaire de vous donner quelques considérations au sujet de l'histoire du port d'Anvers, depuis le commencement du siècle.

Alors, le port d'Anvers ne comportait que l'accostage, sur la rive droite de l'Escaut, dans une demi-douzaine de criques, qui débouchaient dans le fleuve. Les premiers bassins d'Anvers furent construits par Napoléon Ier, qui avait compris l'importance considérable qu'Anvers devait avoir un jour. Ils ont été construits dans les années 1811 et 1813, et cédés à la Ville en 1815. C'est de la même époque que date la construction de deux quais, par l'État : le quai Van Dyck et le quai. Ces quais ont été cédés à la Ville en 1819.

En 1843, nous avons la construction par l'État de la première moitié du quai du Rhin.

Vers 1860, les fortifications faisaient le tour de la ville.

Il y avait, dans la partie sud de la ville une citadelle. L'enceinte enfermait les bassins. Il fut construit ensuite un canal entre la Meuse et l'Escaut ; il devait déboucher à l'endroit que j'indique sur la carte : au lieu de se borner à construire cette écluse, il fut convenu entre

l'État et la Ville que l'on construirait une écluse qui pourrait donner accès à un bassin extérieur, à l'enceinte des fortifications. L'écluse projetée fut donc transformée en écluse de grande navigation. Le gouvernement construisit une seule tête de cette nouvelle écluse maritime; la ville construisit l'autre tête, où le canal vint déboucher.

Voilà comment fut établie la première partie extérieure du port.

En 1862, on construisit la seconde partie du quai du Rhin.

De l'an 1866 à l'an 1869, à la suite de l'enlèvement des fortifications, on réunit le bassin du Kattendyck aux anciens bassins, et on compléta le bassin aux Bois.

De 1869 à 1873, on construisit le prolongement du bassin aux Bois, le bassin de la Campine, et le bassin du canal. Cela nous amène à l'année 1874. Voilà, Messieurs, en deux mots l'histoire du port d'Anvers jusqu'en 1873; il me reste maintenant à vous rendre compte des travaux exécutés depuis 1874. Ils ont été de diverse nature, et je les passerai brièvement en revue.

Un des premiers travaux que l'administration communale, qui était devenue par cession propriétaire des anciens bassins et les avait construits à ses frais, exécuta l'élargissement du quai Godefroid et du quai de l'Entrepôt, car les bassins ne comportaient que des quais de vingt-huit mètres de largeur; c'était insuffisant pour le trafic, et on décida de porter la largeur des quais à quarante ou quarante-deux mètres.

Ces travaux, exécutés en 1876, avaient quelque analogie, dans leur mode d'exécution, avec les travaux des quais dont vous venez d'entendre l'exposé, ou du moins dont on va vous entretenir (vous n'en avez pas encore entendu parler ce soir, parce que l'on a interverti un peu l'ordre des communications en me donnant la parole avant M. Hersent). Voici en peu de mots la façon dont ces travaux ont été exécutés.

On a enfoncé dans le bassin des caisses rectangulaires, de neuf mètres de longueur et quatre mètres de largeur, composées de deux parties : une partie inférieure, destinée à rester dans le fond; et une partie supérieure destinée à être utilisée pour enfoncer les autres caissons. On a dragué le fond, on a déposé le caisson, on a coulé dans la partie inférieure du béton en quantité suffisante pour atteindre la séparation des deux caissons; puis on épuisait la partie supérieure et on construisait le tronçon du mur en maçonnerie; quand on arrivait

au niveau de l'eau, on retirait la partie supérieure du caisson de la partie inférieure à laquelle elle était attachée au moyens de boulons; on remplissait les intervalles avec du béton, et, au-dessus de la ligne de flottaison, on établissait une maçonnerie continue.

Vous ne verrez pas bien ce travail dans l'excursion que vous ferez demain matin, parce que les caissons sont sous l'eau, mais j'ai cru qu'il était intéressant d'appeler votre attention sur la construction de ce mur composé de tronçons réunis successivement entre eux.

Un second travail entrepris par la ville a consisté à faire le prolongement du Kattendyck. Ce tracé comporte une largeur de 140 mètres sur 300 mètres de longueur. On a ajouté trois autres cales sèches aux trois qui existaient. Le bassin est entouré de murs de quais, et les cales sèches qui y débouchent ont à peu près 126 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur dans les portes et 5m,50 environ de tirant d'eau. Elles sont faites en briques avec parements en pierre à l'intérieur; elles se distinguent des anciennes cales en ce que le terre-plein est établi à très peu de hauteur au-dessus de la flottaison du bassin. Donc, les cales nouvelles sont moins profondes que les anciennes, le terre-plein avoisinant est établi en contre-bas; elles sont établies avec radier en contre-voûte; mais, pour éviter que les eaux s'accumulent, près de la quille, on a fait au-dessus du radier en voûte un second radier, de façon à éloigner les eaux de la partie centrale et à les ramener dans les parties latérales. Les sins sont d'une construction un peu spéciale; ils sont composés de trois pièces dont l'une est en forme de coin, ce qui permet de régulariser la situation du navire. Ces cales ne présentent, d'ailleurs, pas de dispositions spéciales.

Je profiterai de cette occasion pour vous faire connaître en deux mots un petit travail qui a été exécuté ici et qui consiste en ceci.

Il y avait une machine d'épuisement pour épuiser les cales anciennes. Cette machine prend l'eau dans un puits, au moyen de huit pompes qui donnent 200,000 litres d'eau par minute, et elle était suffisante pour épuiser les cales sèches. Mais la difficulté consistait à aller rejoindre le puits de l'ancienne machine, puisque les conduites devaient passer près du bassin du Kattendyck et que, à cause de la nature du sol, il ne pouvait être construit de tranchées. Nous avons pensé à passer en galerie à l'air comprimé, c'est-à-dire à faire un tunnel en fonte composé de

quatre tronçons, deux supérieurs et deux inférieurs, ayant la forme d'ellipse, et ces tronçons successifs devaient être posés en repoussant les eaux devant soi ; on ne pouvait pas faire l'épuisement.

Nous avons eu la bonne chance de rencontrer d'habiles ingénieurs de vos collègues, MM. Couvreux et Hersent, qui, avec un talent et une énergie dont on ne saurait trop les louer, ont pris sur eux la responsabilité de cette entreprise en disant que la difficulté du travail ne les effrayait pas et qu'ils sauraient toujours bien s'en tirer. On a fait alors un puits en tôle ; lorsqu'il fut arrivé à une profondeur suffisante, à l'aide de l'air comprimé, on est parti en galerie horizontale et on a tourné sur un rayon de 10 mètres, et on est venu se jeter dans le puits de l'ancienne machine. Il en est résulté une grande économie, et on a évité ainsi les frais considérables de construction et d'entretien d'une nouvelle machine ; l'économie réalisée de ce fait peut être évaluée à 4 ou 500,000 francs.

En dehors de ces travaux, je dirai en peu de mots que la ville a dû améliorer les établissements maritimes. Ainsi, les bassins achevés en 1873 ne sont pas entourés de murs en maçonnerie : ils sont simplement limités par des murs en terre. Cette circonstance n'offrait pas d'inconvénient, puisque ces bassins étaient destinés aux navires à chargements de bois, à l'exclusion de tous les autres navires ; cette installation était donc suffisante. Mais le commerce a pris une telle extension qu'on a été très heureux de trouver ces trois bassins et d'en affecter deux au service de toute espèce de navires. Le bassin aux bois, est resté seul affecté spécialement au commerce des bois ; il n'a pas besoin de murs ; cependant on a mis des revêtements sur les bords, car les eaux finissaient par les dégrader. Quant aux bassins du canal et de la Campine, le trafic venant à augmenter, on a construit des embarcadères en bois de façon à pouvoir faire circuler, sur les appontements, des grues permettant de descendre ou de prendre les marchandises dans les navires.

Depuis 1874 (avant cette époque il y avait très peu de quais couverts, il n'y en avait même pas du tout) on a construit du côté Nord du bassin aux bois à peu près 500 mètres de hangars, et, du côté Sud, à peu près 400 mètres ; on a construit également des hangars sur toute la longueur du quai Godefroid ; on en a construit un autre ici et un autre en cet endroit (indication sur le plan), et puis encore deux ici. Ces hangars sont généralement construits en charpente et composés de poteaux

plantés en terre et réunis par des fermes de charpente ordinaire. Ils sont généralement couverts de tôle ondulée; la tôle ondulée est fixée sur les pannes au moyen d'attaches solides, de telle sorte qu'elle résiste très bien aux coups de vent, tempêtes, ouragans, etc., et ne s'est jamais détériorée.

J'ajouterai maintenant que, vers l'époque où l'on construisait les embarcadères des bassins du canal et de la Campine, on commençait à songer à améliorer l'outillage du port; mais on ne pouvait attendre l'installation des appareils hydrauliques, on acheta six grues à vapeur; ces grues sont mobiles et circulent sur le quai Est du bassin. Un nouveau bassin longe les fortifications et sert à la navigation intérieure; il est en relation directe avec le canal qui relie la Meuse à l'Escaut.

Nous arrivons maintenant à la description des installations hydrauliques que la ville a établies autour de ces bassins; cela rentre toujours dans la catégorie des travaux exécutés depuis 1874. Je ne sais pas s'il est nécessaire de vous indiquer en peu de mots en quoi consistent ces installations hydrauliques, je crains d'abuser de votre bienveillante attention et de vous parler de choses que vous connaissez aussi bien, peut-être mieux que moi; mais il peut s'en trouver parmi vous quelques-uns qui ne soient pas parfaitement au courant de ces questions, c'est à ceux-là que je m'adresse, et ceux qui savent me pardonneront en faveur de ceux qui ne savent pas ou qui auraient oublié.

Donc, en quoi consistent ces installations hydrauliques? Vous savez tous, Messieurs, que l'usage de l'eau sous pression pour mouvoir des appareils est une invention qui appartient à sir William Armstrong. Celui-ci avait observé que, quand on emploie l'eau dans des appareils hydrauliques tels que les roues, il y a des pertes d'eau très considérables, et pour remédier à cet inconvénient il avait songé à recevoir les eaux de montagne dans des appareils et à utiliser les eaux par leur pression, comme on fait pour la vapeur. C'est de cette façon qu'il a commencé. Plus tard, on est arrivé à employer l'eau des villes; mais, s'étant trouvé dans une circonstance où il n'y avait pas d'eau de ville ni d'eau de montagne (je crois que cela se passait en 1847), on a construit des réservoirs et on a amené l'eau dans les réservoirs au moyen d'une machine à vapeur, et l'eau s'écoulait dans les conduites qui devaient l'utiliser. Mais il y avait souvent des difficultés pour construire des tours suffisamment élevées, et les appareils hydrauliques ne fonc-

tionnaient pas encore d'une manière satisfaisante. Armstrong imagina d'avoir de l'eau dans des réservoirs à air, il refoulait l'eau là dedans et il obtenait ainsi de l'eau une force motrice; mais cette force motrice était variable puisque l'air qui servait à la produire agissait par détente et n'avait pas, par conséquent, la constance voulue; on ne pouvait pas pousser la pression à une grande limite, parce qu'on aurait pu avoir des explosions dangereuses. C'est en tâchant d'éliminer ces graves inconvénients que Armstrong construisit l'accumulateur. Cet accumulateur est un cylindre fermé, dans lequel se trouve un piston, lequel piston est chargé d'un poids très considérable; en chassant l'eau dans ce cylindre, le piston doit en sortir, et on peut puiser dans le cylindre, devenu ainsi réservoir, les eaux dont on a besoin. C'est la forme actuelle de l'appareil. Il représente un réservoir placé sur une tour *très élevée*, attendu que maintenant on travaille à une pression qui atteint 50 atmosphères; c'est la forme définitive qu'ont prise les appareils. Les engins varient suivant leur destination, mais on peut dire, en général, que les appareils hydrauliques consistent dans un piston poussé, hors du cylindre qui le renferme, par la pression hydraulique. Il y a une chaîne qui fait cinq ou six tours sur des poulies fixes et mobiles. Lorsque le piston parcourt un chemin 1 par exemple, l'extrémité libre de la chaîne parcourt un chemin de 6, 8, suivant le nombre de tours. C'est l'inverse de ce qui se passe dans un palan ou la force parcourt le long chemin et la résistance le petit trajet.

Messieurs, ces appareils, dont le principe vous était connu et que je viens de vous rappeler en quelques mots, sont installés sur une très grande échelle dans le port d'Anvers, et sont utilisés depuis longtemps dans les ports anglais. Sur le continent on en voit peu; il y en a cependant quelques-uns à Marseille, à Rotterdam, à Gustemunde, etc. Les machines que je viens de décrire et qui servent à porter l'eau sous pression se trouvent dans le bâtiment principal, où il y a une machine de 150 chevaux et les chaudières nécessaires. Il y a là dedans deux accumulateurs dont le piston a 8 mètres de course et 50 centimètres de diamètre; ils pèsent 100,000 kilogrammes, de façon à donner une pression de 50 atmosphères. La machine principale foule l'eau dans les accumulateurs, et les machines mues par l'eau prennent l'eau des accumulateurs. Lorsqu'on met la machine en marche, l'accumulateur monte, et les choses sont disposées de façon que, lorsque le piston arrive au haut de sa course, il lève

un poids qui met en liberté un contrepoids, et la machine s'arrête; lorsque les appareils prennent une certaine quantité d'eau; le piston descend, et la machine restitue à l'accumulateur l'eau qu'on lui a enlevée.

De ce bâtiment, part une canalisation générale qui fait le tour de la plupart des bassins; elle se compose de tuyaux fort solides, installés dans le sol; sur ces tuyaux prennent l'eau les différents appareils, qui sont, entre autres, ceux-ci : les ponts tournants, au nombre de sept, ont reçu un de ces petits appareils de rotation qui, par l'intermédiaire d'un pignon de roue, agissent sur un arbre, lequel arbre actionne une crémaillère fixée au pont. La crémaillère est mobile avec le pont, au mouvement duquel elle participe, et le pignon est fixe. Tous ces ponts sont munis d'un cabestan, avec une machine qui l'actionne, ce qui facilite le passage des navires. Il suffit de pousser un levier pour que le cabestan se mette en mouvement; il exerce sur le câble une traction de 5,000 kilog. avec une vitesse de un mètre à la seconde, ce qui permet de mouvoir les plus gros navires.

Voilà les conditions générales d'installation des appareils destinés à faciliter les mouvements dans les bassins et autour des bassins. Les portes d'écluses (il y en a six) sont également mues par des machines analogues.

En dehors de cela viennent les appareils qui servent à la manutention des colis, au chargement et au déchargement des navires.

Parmi ces appareils, il y a d'abord des grues, qui se trouvent réparties sur les quais de l'ancien grand bassin.

Dans ces derniers temps, on a trouvé le moyen de rendre mobiles les grues hydrauliques.

Lorsqu'on en a installé à Marseille, on ne connaissait pas ce moyen, de sorte qu'on y a établi des grues fixes, placées à une certaine distance les unes des autres, le long des quais. On conçoit que les navires n'ayant pas un écartement d'écoutilles constant, celles-ci ne tombent pas toujours devant les grues. Pour éviter cet inconvénient, il y a un moyen : c'est de rendre les grues mobiles.

Dans ces derniers temps, on a trouvé la solution, d'une façon assez simple. Des prises d'eau sont établies de 12 mètres en 12 mètres; les grues circulent sur une voie construite sur le quai; lorsqu'une grue est obligée de travailler à une certaine distance des prises d'eau, il y a des tuyaux supplémentaires qui permettent de rattacher la grue à

ces prises d'eau. Ces tuyaux sont logés dans une espèce de rainure pratiquée au milieu de la voie ; ils sont composés de morceaux de 1m,80 de longueur, et, lorsqu'on doit déplacer la grue de plus de 1m,80 d'un côté ou de l'autre de l'une des deux prises d'eau, on ajoute un second tuyau, de section moindre que le premier, de sorte que le plus petit tuyau peut entrer dans le précédent en glissant à l'intérieur, comme les différentes parties d'une lunette d'approche. Cette disposition ingénieuse permet de placer les grues en tous les points du quai, suivant les besoins du trafic.

Cette installation des grues hydrauliques mobiles est, je crois, la première qu'on ait faite sur le continent ; je pense qu'elle pourra vous intéresser, dans une certaine mesure. Au quai Est du bassin du Kattendyck, nous avons un engin pour la manutention des colis très lourds, d'un poids de 120 tonnes.

C'est un appareil formé de trois mâts en fer, dont deux sont à charnières et placés sur le bord du quai ; le troisième est muni d'un écrou à la partie inférieure. L'appareil est disposé de manière à permettre de prendre le colis dans le navire et de le déposer immédiatement sur le wagon.

Cet engin est mû par l'eau sous pression ; il y a une petite machine à trois cylindres, pouvant faire tourner un tambour sur lequel s'enroule la chaîne et pourront aussi faire tourner l'écrou qui provoque l'ensemble du mouvement de l'engin en avant et en arrière.

Il y avait au même quai une ancienne grue de 40 tonnes mue par une manœuvre à la main ; elle a été transformée en appareil hydraulique actionné par une machine à trois cylindres.

Il est à remarquer qu'on y amène l'eau à 50 atmosphères par des tuyaux en caoutchouc ; dans les mouvements de rotation, il fallait assurer la continuité de l'arrivée d'eau. Ce résultat a été obtenu par une invention récente qui permet de faire des tuyaux flexibles et cependant suffisamment résistants.

J'ajouterai encore que l'écluse des anciens bassins se trouve, depuis quelques années, éclairée à la lumière électrique, laquelle se trouve produite par des engins hydrauliques dont il n'y a qu'à pousser le levier pour la mise en train. Ces appareils actionnent des machines électriques qui envoient le courant vers des régulateurs de types divers, et l'entrée de l'écluse est ainsi éclairée au moyen de l'arc voltaïque.

Voilà donc les travaux maritimes principaux exécutés au port d'Anvers, depuis 1874.

Vers 1874, comme M. l'ingénieur en chef de Matthys, vous l'a expliqué, est intervenue une convention entre la Ville et l'État, relativement à la construction des quais nouveaux le long du fleuve, convention d'après laquelle ces quais doivent être construits par l'État et outillés par la Ville.

On aurait pu croire que ces travaux importants pourraient suffire aux nécessités du commerce ; cependant, on n'a pas cru pouvoir se borner à leur exécution, et, en ce moment, d'autres travaux sont sur le point d'être entrepris pour donner au port d'Anvers un développement plus considérable.

Je pense qu'au sujet de l'insuffisance des travaux entrepris, on peut examiner les considérations qui suivent.

En 1843, on peut évaluer à 113 tonnes le trafic maritime pour un mètre courant de quai, c'est-à-dire qu'en divisant le tonnage à l'entrée par la longueur du quai disponible, à cette époque, on trouve un trafic de 113 tonnes en moyenne, pour un mètre courant de quai.

En 1855, on trouve un trafic de 175 tonnes par mètre courant de quai; en 1864, on compte 257 tonnes; en 1873, 245 tonnes; et enfin, en 1876, on arrive au chiffre de 300 tonnes par mètre courant de quai. Or, en 1876, on était dans une situation très gênée au point de vue de l'exploitation ; en tenant compte de la progression normale que suit le trafic du port, en 1885, après l'exécution des quais de l'Escaut, il se trouvera que le tonnage sera beaucoup plus considérable encore que celui qui se trouvait desservi en 1876, proportionnellement à la longueur des quais, et arrivera à 400 tonnes par mètre courant de quai.

Pour remédier à cet état de choses, on a songé à la construction de bassins supplémentaires, vers le nord, et la Ville a acquis de l'État le terre-plein de la citadelle du nord.

La Ville a projeté d'étendre les bassins en construisant de nouveaux bassins qui seront reliés plus tard par une écluse à l'Escaut, et qui auront un développement de quais de 3,000 mètres.

Ces travaux sont adjugés, ils sont même commencés, mais il n'y a que les terrassements qui soient en exécution. J'espère qu'à votre prochain voyage, ils seront assez avancés pour être intéressants à visiter. Ils doivent être terminés dans trois ans. Grâce à l'achèvement de

ces travaux, on se trouvera dans la situation où l'on était en 1876 ; c'est assez vous dire que, dès à présent, nous devons songer à pousser plus loin encore les travaux de construction des bassins.

Je vais maintenant vous donner en peu de mots, quelques renseignements au sujet de l'augmentation du tonnage, je ne citerai que quelques chiffres qui représentent l'accroissement successif du tonnage depuis 1860.

En 1860, il est entré dans le port d'Anvers un demi-million de tonnes ;

En 1866, un million ;

En 1870, un million et demi ;

En 1873, deux millions ;

En 1876, deux millions et demi ;

En 1880, trois millions ;

Et en 1882, trois millions et demi.

Le trafic s'est donc triplé de 1860 à 1870 ; il s'est multiplié par 2 de 1870 à 1880. Cet accroissement ne semble pas devoir s'arrêter, car les prévisions de 1875 se sont trouvées dépassées, en 1883, de 7 pour 100.

Avant de terminer cette causerie, Messieurs, je vous dirai quelques mots de l'outillage du quai de l'Escaut, qui est exécuté par la Ville.

La ville construit, le long des quais, qui ont une largeur de 100 mètres, des hangars pour servir de dépôts de marchandises. Il y a une largeur de 7 mètres entre l'arête du quai et le hangar : cet espace est destiné à l'établissement d'une voie de chargement direct et d'une voie de grues.

Cette voie de grues est à grand écartement de façon que les trains peuvent passer entre les appuis des grues.

Vous verrez ce dispositif demain, et ce que vous verrez me dispense de m'étendre davantage sur ce sujet.

Les bâtiments qui doivent contenir deux machines de 200 chevaux se trouvent au quai du bassin de batelage ; ils renferment deux machines et cinq chaudières que nous devons à un de vos collègues M. de Nayer, qui a inventé un système de chaudières très avantageux. Il y a deux accumulateurs ; puis une canalisation qui fait le tour des quais et sert à mouvoir les engins hydrauliques ; entre autres des cabestans pour la manœuvre des wagons.

Les hangars sont construits au moyen de fermes très légères en fer sur lesquelles porte la couverture en tôle ondulée ; ce sont des

fermes Polonceau, avec vitrages orientés vers le nord. Ce hangar coûte 25 francs le mètre carré ; il y aura à construire 100,000 mètres.

Les crêtes des versants sont perpendiculaires et non parallèles au mur du quai ; toutes les travées sont de 12 mètres, de sorte que si on avait besoin de changer la subdivision, on découvrirait une travée et on recouvrirait un intervalle d'un autre côté. Cette disposition présente l'avantage de ne pas avoir une corniche uniforme et monotone régnant tout le long des quais, mais d'avoir des pignons qui donnent à l'ensemble des bâtiments un aspect satisfaisant.

Comme vous comptez aller à l'Exposition d'Amsterdam, je ne voudrais pas terminer cet entretien sans vous dire que vous trouverez un plan en relief, qui est dû à M. Regnard, et qui vous donnera une idée exacte des installations maritimes de la ville. Ce plan est exécuté avec une minutie extraordinaire ; les plus petits détails sont fidèlement reproduits avec un soin et une exactitude dont vous serez étonnés et charmés. Il est exposé dans la section belge ; peut-être consacrerez-vous un moment à cette visite ; le nombre, la configuration, la nature des engins s'y trouvent retracés de la façon la plus méticuleuse.

Je ne sais pas si je n'ai pas abusé un peu de vos moments, Messieurs ; je termine en appelant spécialement votre attention sur tous ces engins. Je me mets à votre disposition pour vous donner tous les renseignements qui pourraient vous intéresser, et si quelques-uns d'entre vous voulaient plus tard examiner plus en détail nos installations maritimes, je me ferai le plus grand plaisir de les leur montrer. (*Bravo ! Bravo ! Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, j'ajouterai à vos applaudissements tous mes remerciements et me ferai un devoir de féliciter M. Royers de la clarté et l'élégance de la communication qu'il a bien voulu nous présenter.

Je donnerai la parole à M. de Rudder, qui veut bien nous entretenir de l'outillage du port d'Anvers, au point de vue spécial des chemins de fer.

M. DE RUDDER. Messieurs, il me reste à compléter la communication que vous venez d'entendre, par l'exposé de l'outillage de chemins de fer.

Le plan que j'ai apporté ici est assez peu clair et vous pouvez diffi-

cilement le voir; je vais vous donner quelques explications sur ce sujet.

Les quais de l'Escaut sont reliés par des lignes à double voie, du côté sud, à la gare du Sud, du côté nord à la gare des Bassins; ils peuvent donc être desservis par l'une ou l'autre de ces gares où se fait la formation et la décomposition des trains.

Le terre-plein des quais a, en général, 100 mètres de largeur dont 50 sont occupés par les hangars, et 20 par une rue extérieure. Entre la rue et les hangars sont établies 5 voies de chemin de fer, deux autres voies sont placées entre les hangars et la crête du mur de quai.

Les voies n^os^ 1 et 2 sont des voies de circulation, des voies principales, l'une pour les trains montants, l'autre pour les trains descendants; les n^os^ 3 et 4 sont des voies de garage; la première, dite voie de dépôt, est destinée à recevoir les wagons amenés par les trains; la seconde, dite voie d'enlèvement, est destinée aux wagons à enlever par les trains; les voies n^os^ 5 et 6 sont des voies de chargement et de déchargement; la dernière, établie à 3 mètres de l'arête du mur de quai, permet le transbordement direct du wagon sur navire et *vice-versa*.

La voie de dépôt est reliée de distance en distance par des liaisons à la voie principale montante; la voie d'enlèvement est reliée de la même manière à la voie principale descendante; les voies de garage et de chargement sont reliées entre elles par des batteries de plaques tournantes de 4^m^,80 de diamètre.

Cela étant, le dépôt et l'enlèvement des wagons se font de la manière suivante :

Supposons que le train destiné à une section des quais parte de la gare du Sud où il aura été formé. Arrivé à la première livraison, il refoule sur la voie de dépôt une partie de ses wagons; il continue sa marche et la même opération de refoulement se répète à chacune des liaisons.

La machine change de voie à l'extrémité de la section; au retour, elle recule sur les diverses liaisons communiquant avec la voie d'enlèvement, et y prend les wagons pour les conduire à la gare du Sud.

Les manœuvres des wagons sur les plaques tournantes pour passer des voies de garage sur les voies de chargement ou réciproquement, se fait aujourd'hui par chevaux; elle se fera à bref délai par des cabes-

tans hydrauliques, système Armstrong dont l'emploi diminuera considérablement le temps nécessaire à la manœuvre.

On étudie le moyen de remplacer quelques-unes des batteries de plaques tournantes, par des chariots transbordeurs, pouvant recevoir des wagons de 20 tonnes qui ont 8m,50 d'écartement entre les essieux extrêmes ; on pourra ainsi amener tous les wagons sur la voie de transbordement direct.

Afin de gagner de la place, cette voie est embrassée par la voie des grues qui a 4 mètres d'écartement; le bâti, qui porte la grue, laisse libre le gabarit du matériel roulant du chemin de fer.

La longueur des hangars varie de 48 à 120 mètres suivant la longueur des bateaux qui doivent y accoster régulièrement; de cette façon chaque ligne de navigation est chez elle et les conflits ne sont pas à craindre.

L'aire des hangars est en général établie au niveau des rails; toutefois l'un des groupes de hangars présente une section transversale en rampe douce, dont l'arête supérieure vient au niveau du plancher des wagons. L'expérience comparative entre les deux systèmes est trop récente pour pouvoir en apprécier dès à présent, les avantages et les inconvénients.

Le développement des voies sur toute l'étendue des quais sera de 20,000 mètres environ.

La gare du Sud a une superficie de 20 hectares et un développement de 18,000 mètres de voies ; elle sera complétée plus tard par une gare de formation qui sera établie hors de l'enceinte fortifiée. Son mouvement journalier est de 400 wagons.

La gare des Bassins avec ses dépendances a une superficie de plus de 40 hectares et un développement de 70,000 mètres de voies ; son mouvement journalier est de 2,400 wagons ; son trafic en 1882 a atteint 2,525,000 tonnes.

En 1870, le trafic n'était que de 1,375,000, soit un accroissement annuel, sensiblement régulier de 100,000 tonnes.

Voilà, Messieurs, les quelques renseignements que je puis vous donner sur l'installation et le trafic de nos voies ferrées. (*Applaudissements*).

M. le Président. Messieurs, en raison des probabilités de brouillard et de l'heure de la marée, je dois vous dire que notre visite, demain,

commencera par l'outillage du port, Donc, M. Royers sera notre guide, demain matin.

Je prie M. Hersent de nous dire quelques mots préalablement à ce qu'il nous exposera demain.

M. Hersent. Messieurs, avant de rien dire sur les travaux du port d'Anvers je commencerai par remercier M. de Matthys, M. Royers, et aussi l'administration municipale d'Anvers et tous les ingénieurs de cette ville pour la sympathie toute particulière dont nous avons été l'objet de leur part. Vous avez entendu les paroles flatteuses avec lesquelles on a apprécié nos travaux ; ces éloges, je ne me les attribue pas à moi seul : nous sommes un grand groupe à les partager ; je laisse à chacun la part qui lui revient, et je suis heureux de les faire partager à tous ceux qui m'ont aidé à remplir cette grande tâche et qui ont fait leur devoir, ici comme partout ailleurs. .

En ce qui me concerne j'ai déjà eu l'honneur de faire, à la Société des Ingénieurs civils, à Paris, une communication sur les moyens employés dans la construction des quais d'Anvers, je ne crois pas nécessaire de recommencer ici cette description détaillée, qui serait un peu longue ; comme demain, nous mettrons le doigt sur les morceaux de fer et les morceaux de bois, cela sera plus facile à comprendre.

Il est juste de remarquer que, si nous avons rencontré, à Anvers, de grandes sympathies, nous y avons apporté un certain travail et nous sommes arrivés à y faire des travaux considérables. Notre marché a été fait en 1877. Cette année et une partie de l'année 1878 ont été prises en apports de machines et en discussions qui ont éclairé la question.

Au commencement de 1877, on a construit la digue de raccordement qui part des fortifications et arrive jusqu'aux bassins futurs de la ville. Elle a été construite au moyen d'enrochements et de plates-formes, en fascinages, comme le font les Hollandais, et nous n'avons rencontré que quelques tassements, comme cela se produit toujours avec les fascinages.

Nous avons construit notre matériel de fonçage : chaque installation est composée de deux bateaux en fer de 25 mètres de longueur sur une largeur de 5 mètres, séparés par un intervalle maintenu constant par une charpente, composée de fermes en fer réunies par la partie

supérieure. Dans l'intérieur de ces bateaux sont installés : sur l'un, les machines de compression et les compresseurs eux-mêmes; sur l'autre, les machines à malaxer le mortier, les machines à monter les matériaux, les machines nécessaires à la maçonnerie : machines d'élévation, machines de compression d'air, machines de compression d'eau; en un mot, tout ce qui est nécessaire pour la construction de la maçonnerie, et le travail de grosse manœuvre pour le service des maçonneries et du déblai. Nous sommes arrivés à produire un travail relativement important, c'est-à-dire que nous sommes arrivés à la construction d'un volume de 2,500 mètres cubes, en moins d'un mois. Ensuite nous sommes parvenus à faire le fonçage d'un bout de quai de 25 mètres de longueur sur 9 mètres de largeur à la base, enfoncé jusqu'à 8 ou 10 mètres au-dessous du niveau de la basse mer, dans l'espace de 26, 27 et 28 jours. Les premiers ont demandé deux mois ; le temps employé à chaque fonçage à diminué graduellement et s'est successivement raccourci. Nous avons eu trois installations de fonçage qui nous ont permis de faire, pour chaque jour de travail, jusqu'à 600 mètres cubes de maçonnerie. C'est donc au moyen de ces installations que nous sommes arrivés à faire un aussi grand travail.

Je ne ferai pas ici la description des caissons que nous employons et que vous verrez demain sur place, ce qui vous intéressera davantage. C'est une grande caisse en tôle, qui ressemble à tous les caissons de systèmes différents employés pour le fonçage. Chaque caisson comporte une autre grande caisse mobile qui s'adapte sur la première ; on les boulonne ensemble ; quand le travail est fini, on déboulonne, et la maçonnerie reste au fond; puis on fait la maçonnerie dans la partie supérieure, et ensuite, comme on arrive hors de l'eau, on construit les joints. Quand les piliers sont faits, pour la confection des joints on établit une paroi en bois ou une paroi métallique, on forme une enceinte, on coule du béton dans la partie inférieure, et, aussitôt qu'on arrive à la partie supérieure, on fait la maçonnerie, Le mur de quai devient continu, comme s'il était fait d'une seule pièce, et ou ne voit plus de caissons.

Vous pouvez voir sur le plan que, en voulant construire le mur de quai suivant la ligne rouge, on devait construire, dans la plus grande partie, une longueur de 3,500 mètres de quai presque en pleine eau. C'est la raison qui nous a forcés à chercher l'établissement d'une installation

flottante, plutôt que de songer à construire des batardeaux comme cela se pratique ailleurs. Ici nous étions dans l'eau, et nous avons cherché le moyen de construire dans l'eau. Je dois faire remarquer qu'il ne nous a pas été plus difficile de construire dans ces conditions, en pleine eau, que de construire à terre; je crois même que c'est plus agréable, dans une certaine mesure, de construire dans l'eau que de construire à terre.

Actuellement, le mur de quai est fait depuis la digue de raccordement jusqu'au Werf. Tout ceci est livré à l'exploitation; sa partie d'aval est à peu près terminée, il ne reste plus qu'une petite partie à faire. C'est là le nœud de la question; mais, enfin, nous le tenons dans ce moment-ci. Nous avons six caissons en fonçage : l'un est en fonçage avec échafaudage flottant, les autres sont à sec, de sorte que demain matin il vous sera facile de les voir; et comme votre visite aura lieu à l'heure de la mer moyenne, on verra encore des restes du Werf qui sont un peu décapés. Ceci est déjà un peu dégrossi. Pour l'entrée du bassin de batelage, il y avait une grande opération à faire : il s'agissait de faire un bassin en pleine terre, cela ne paraissait pas difficile; on devait faire des déblais, des épuisements et de la maçonnerie, tout cela allait tout seul.

Mais, l'écluse, qui était à construire pour l'entrée, se trouvait en plein dans la rivière : au lieu de faire des constructions pour nous rattacher à la terre, nous nous sommes mis tout à fait dans l'eau. Nous avons fait un caisson de 40 mètres de longueur sur 23 mètres de largeur; on avait 900 et quelques mètres de surface et une hauteur de 13 mètres; il a pu contenir toute l'écluse avec ses bajoyers. Nous avons fait la maçonnerie sur le plafond du caisson; nous avons élevé les bajoyers sur la partie inférieure, et le caisson a été descendu. Quand il a été descendu, nous l'avons lesté suffisamment pour lui faire toucher le sol, nous avons envoyé de l'air comprimé à la partie inférieure, nous avons rempli les chambres avec du béton; puis, quand la partie inférieure a été terminée, nous avons pu faire les bajoyers et le radier, et terminer l'œuvre en laissant les deux parois métalliques aux extrémités; enfin, nous les avons retirées, et l'écluse est sortie de là tout d'une pièce.

C'est un travail très intéressant : il a été communiqué à la Société des Ingénieurs civils, à Paris, les détails se trouvent dans un Mémoire déposé au siège de la Société qu'il est facile de consulter.

Si, parmi les personnes présentes, il y avait quelqu'un qui désirât des explications plus complètes, je me ferais un grand plaisir de donner tous les renseignements qui me seront demandés.

Les travaux sont assez avancés pour que, demain, vous puissiez, dans votre visite, vous faire une idée de leur importance ; vous pourrez apprécier combien la ville d'Anvers a eu raison de faire de grandes lignes de quais, de creuser son Escaut et de développer son commerce vous verrez, sur le port, un mouvement commercial comme on en voit peu dans le monde entier. Anvers est le point de mire de toute l'Europe; et tout le monde ne jure que par Anvers, et tous les gens qui fréquentent le port d'Anvers sont unanimes à lui reconnaître un trafic considérable et une prospérité incontestable.

Demain, en visitant les travaux, vous remarquerez près du Werf des constructions très anciennes, qui peuvent intéresser surtout les personnes qui s'occupent d'archéologie, il n'est pas sans intérêt de suivre les constructions que nous rencontrons, car on retrouve des procédés anciens, et, si nous ne construisons pas comme nos prédécesseurs, nous profitons de leur expérience et nous devons les remercier de nous avoir appris à faire quelque chose. Je ne voudrais pas entrer dans de grands détails, parce que l'heure est avancée et qu'un grand nombre de personnes aimeront mieux voir tout cela sur place. J'ai apporté quelques brochures que je pourrais vous remettre, elles sont en nombre assez limité; elles vous permettront d'apprécier, dans une certaine mesure, comment les choses ont été organisées. Tout le monde verra, par ces documents, l'importance des améliorations apportées au port d'Anvers, et quelques explications complémentaires pourront être données sur place.

Il serait nécessaire, pour l'intérêt de l'excursion de demain, de fixer l'heure du rendez-vous, pour faire une visite dans les installations maritimes d'Anvers, qui présentent un immense intérêt.

M. LE PRÉSIDENT. Si vous le voulez bien, le rendez-vous aura lieu demain matin, à huit heures et demie, à la gare principale, derrière l'entrepôt, pour visiter l'outillage du port, de manière à nous trouver à dix heures au quai du Rhin.

M. HERSENT. Avec les bateaux à vapeur, on peut faire l'excursion jusqu'au bout des installations maritimes, et descendre sur les points qui vous auront paru les plus intéressants.

M. le Président. En remerciant de nouveaux les personnes qui ont bien voulu nous faire des communications ce soir, je demande à constater qu'on vient de nous parler de la réalisation d'emprunts considérables, d'une dépense de 45 millions, de la construction de trois kilomètres de quais munis d'un outillage permettant de manutentionner 300 tonnes de marchandises par mètre courant de quai, et que toute cette œuvre n'a été commencée qu'en 1873 et 1874. Dix ans seulement représentent le temps employé à l'étude et à l'exécution de ces remarquables travaux. État, ville d'Anvers et entrepreneurs ont déployé dans ces circonstances une activité bien remarquable qu'il convenait de faire ressortir et nous ont donné un exemple dont nous ferons bien de nous inspirer. (*Approbation.*)

La séance est levée à onze heures.

Le mercredi 19 septembre, de huit heures et demie à dix heures, on a procédé à la visite du bassin du Kattendyck et de la gare, et à l'examen des installations hydrauliques servant à la manutention des wagons et des marchandises et à la manœuvre des ponts tournants, sous la direction de MM. Royers et Derudder.

Les excursionnistes se sont embarqués à dix heures au quai du Rhin, sur les deux petits vapeurs mis à leur disposition par MM. Couvreux et Hersent, et sous la direction de MM. De Matthys, Hersent et Thomas, ont parcouru toute la ligne des quais jusqu'à la ligne de raccordement, visité l'atelier des caissons et ont été débarqués au Werf, où ils ont examiné l'installation des caissons en cours de fonçage.

A midi, on s'est réuni au Rocher de Cancale, où un déjeuner était offert par l'entreprise Couvreux et Hersent et que présidait M. Hersent.

A deux heures, les membres de la Société ont repris le train à Anvers et sont partis pour la Hollande.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

MIRECKI (Antoni-Slawomir)

PAR M. A. COSSMANN.

Mirecki était au nombre des réfugiés polonais qui demandèrent asile à la France en 1832 et purent terminer leurs études à l'Ecole centrale, grâce à la générosité de M. Lavallée.

Lorsqu'éclata la révolution polonaise, Mirecki, issu d'une famille noble ruinée par les événements politiques, était élève de l'École polytechnique de Varsovie ; il combattit comme simple soldat, fut fait prisonnier, et ne parvint à gagner la France qu'après mille difficultés et de nombreuses souffrances.

Il arriva dans sa patrie d'adoption dénué de toutes ressources et n'eut pour subvenir à ses besoins, durant ses études, que la modique subvention de 45 francs par mois, du gouvernement français, et le faible produit de quelques répétitions.

A sa sortie de l'Ecole, en 1835, Mirecki coopéra à la construction de routes et de canaux ; en 1841, la maison Séguin frères lui confia la direction d'une partie des lignes ferrées qu'elle faisait exécuter ; enfin, en 1846, lorsque la Compagnie du Nord se fonda, elle se l'attacha en qualité de chef de section (titre qui correspondait aux fonctions dévolues actuellement aux ingénieurs de la voie) et, là encore, il exécuta des travaux de toute nature.

Après la guerre de Crimée, la Russie, pour créer son réseau de chemins de fer, recourut à l'expérience des ingénieurs français.

Des propositions furent faites à Mirecki, et, en compagnie des Collignon, des Schlemmer, des Gottschalk, il accepta la situation d'ingénieur en chef de la construction de la ligne de Saint-Pétersbourg à Varsovie.

En 1862, après l'achèvement de ses travaux, il fut nommé directeur

des chemins de fer de Varsovie à Vienne et à Bromberg. Mais le mouvement insurrectionnel qui éclata au commencement de 1863, le rendit suspect au gouvernement russe et, à la fin de cette même année, il dut abandonner brusquement ses fonctions, ne profitant d'aucune des garanties de son contrat. Il revint naturellement en France, où se trouvait la famille de sa femme.

En 1865, M. Pétiet et M. Mathias, son beau-frère, obtinrent que Mirecki rentrât à la Compagnie du Nord, où il avait laissé de si bons souvenirs. Attaché au service technique de l'exploitation, il y occupa, en dernier lieu, les fonctions d'inspecteur principal.

Resté à Paris pendant le siège, il donna son concours à l'administration de la Ville, qui l'employa au service des eaux ; et, afin de montrer sa reconnaissance pour sa patrie d'adoption, il se fit naturaliser français.

Sa santé, profondément altérée, tant par les fatigues de sa profession, que par suite des épreuves subies en 1863, l'obligea à prendre sa retraite en 1880. Il vient alors à Enghien, prenant enfin le repos qu'il avait si bien mérité, et s'éteignit le 11 décembre 1883.

Tous ceux qui ont connu Mirecki ont pu apprécier ses qualités : bon, modeste et généreux, il était bienveillant pour ses jeunes camarades d'école, savait les encourager dans leurs débuts, les faire profiter de sa propre expérience, et ses compatriotes trouvaient toujours, près de lui, aide et conseil.

Puissent ceux qui ont à lutter prendre exemple sur cet homme d'énergie.

DISCOURS

PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES

DE M. YVON VILLARCEAU

LE 26 DÉCEMBRE 1883[1].

DISCOURS DE M. LE COLONEL PERRIER

AU NOM DE L'ACADÉMIE.

MESSIEURS,

La vie du cher et éminent confrère à qui nous venons rendre les derniers devoirs a été consacrée tout entière à l'étude des questions les plus délicates de l'astronomie, de la mécanique et de la géodésie. Sa mort est une grande perte pour la science, un deuil véritable pour la science française.

C'est au nom de l'Académie des sciences que je viens prononcer sur sa tombe une parole de regret et d'adieu.

M. Antoine-François-Joseph-Yvon Villarceau naquit à Vendôme le 15 janvier 1813 ; après avoir terminé ses études au collège de cette ville, il gagna Paris, où venait d'éclater la Révolution de 1830.

Jeune, enthousiaste, épris de philosophie, de littérature, d'art et surtout de musique, il suivit assidûment les cours du Conservatoire, où il obtint, en 1833, un premier prix. A la même époque, il embrassa avec ferveur la doctrine de Saint-Simon, et devint, à Ménilmontant, l'un des adeptes de la nouvelle école.

Rien ne faisait pressentir alors que ce jeune homme, ce Saint-Simonien convaincu, deviendrait un jour l'un des maîtres de la science contemporaine. Un événement imprévu allait bientôt décider de sa vocation.

La même année, en effet, il partait pour l'Égypte avec Félicien

1. Décédé le 23 décembre 1883.

David et allait y rejoindre la mission dirigée par Enfantin. C'est là, grâce au contact intime qui s'établit entre lui et les ingénieurs de la mission, surtout auprès de Lambert-bey, son maître et son ami, que se développe chez lui, avec une étonnante intensité, un goût irrésistible pour les sciences.

Rentré en France, en 1837, il est admis à l'École centrale, d'où il sort, en 1840, le premier de la section de mécanique : la pensée de notre confrère se reportait volontiers avec attendrissement sur ce premier succès de sa carrière scientifique.

Les années suivantes, déjà possesseur d'une fortune indépendante et ainsi dégagé des soucis matériels de la vie, il s'adonne presque exclusivement à l'analyse et à la géométrie, afin d'acquérir l'instrument indispensable à quiconque veut aborder les hautes questions de la mécanique et de l'astronomie.

Son premier mémoire sur les comètes date de 1845 ; jugé digne d'être inséré au *Recueil des Savants étrangers*, il appelle sur lui l'attention des astronomes et surtout celle d'Arago, qui, frappé de l'originalité de ses conceptions, lui offre, en 1846, une place à l'Observatoire de Paris, où il est resté jusqu'à la fin de sa vie, comme aide-astronome d'abord, puis, à partir de 1854, comme astronome titulaire.

Pendant cette longue période de trente-sept ans, M. Yvon Villarceau a publié plus de cinquante mémoires originaux d'astronomie, de mécanique, de géodésie et même d'analyse.

Ce n'est pas le lieu ni le moment, devant ce cercueil, d'exposer en détail les titres scientifiques qui lui valurent d'être nommé, en 1855, membre du Bureau des Longitudes et membre de l'Académie des sciences en 1867.

Qu'il nous soit permis, toutefois, pour rendre hommage à sa mémoire, de rappeler les plus importants de ses travaux et d'en signaler les traits essentiels.

En *astronomie*, M. Yvon Villarceau nous a donné deux méthodes originales, dont l'une, fondée sur des considérations purement géométriques, l'autre sur l'emploi des dérivées des angles de position et des distances pour la détermination et le calcul des orbites des étoiles doubles. Il a ensuite appliqué ces méthodes aux principales de ces étoiles et déduit de leurs mouvements la preuve de l'universalité des lois de la gravitation universelle.

Le premier, il a démontré la périodicité et calculé les perturbations de la comète si intéressante de d'Arrest, retrouvée en 1857, sur ses indications, par M. Mac-Clear, au cap de Bonne-Espérance.

Il a donné aussi des méthodes nouvelles, fondées sur l'emploi des dérivées des longitudes et latitudes par rapport au temps, pour la détermination des orbites des comètes et des planètes, et calculé les éphémérides de vingt de ces astres.

Dans la théorie de l'aberration, il a fait intervenir le mouvement propre du système solaire et montré que quatre déterminations du coefficient de l'aberration, relatives à quatre étoiles non situées sur un même cercle, grand ou petit, de la sphère, suffisent théoriquement pour déterminer les trois composantes du mouvement de translation du système solaire, et pratiquement pour fixer une limite supérieure de la vitesse de translation du soleil.

Dans le domaine de l'astronomie pratique, il a établi la théorie des instruments de précision, étudié toutes les causes d'erreur, systématiques ou accidentelles, et indiqué les méthodes propres à les éliminer sûrement.

L'étude qu'il a faite des divisions du grand cercle de Fortin est un véritable modèle de sagacité et de précision scientifique.

En *mécanique*, M. Yvon Villarceau a produit plusieurs œuvres magistrales :

Un mémoire sur l'établissement des *arches* de pont, où il expose une théorie des voûtes devenue classique, mémoire accompagné de tables étendues et de nombreuses applications numériques, un véritable travail de bénédictin ;

La théorie de la stabilité des machines locomotives en mouvement, enseignée comme classique à l'École des mines et applicable, de tous points, aux machines à cylindres horizontaux employées dans la navigation maritime et fluviale ;

La théorie analytique du gyroscope de Foucault, déduite des équations du mouvement d'un corps solide et établissant rigoureusement le fait de la rotation de la terre ;

Un mémoire sur le mouvement et la compensation des chronomètres, où il montre comment, en se fondant sur le théorème de Taylor étendu au cas de plusieurs variables indépendantes, on peut déterminer par l'expérience les six coefficients de l'expression qui représente la marche d'un chronomètre plus ou moins compensé. La méthode

qu'il a indiquée pour rectifier les indications des chronomètres à la mer a reçu la confirmation la plus éclatante par douze années d'observations de M. le commandant de Magnac et a été exposée en détail dans le *Traité de nouvelle navigation astronomique* publié en collaboration avec ce savant officier.

Enfin, après avoir établi, le premier, une théorie générale applicable, sous de certaines conditions, à des masses oscillantes de forme quelconque, il a imaginé et fait construire un régulateur isochrone à ailettes, destiné à assurer la régularité du mouvement de rotation des équatoriaux, malgré des variations de force motrice variant de 1 à 6 et pouvant fonctionner à diverses vitesses du régime, moyennant la simple inclinaison de l'axe.

« Ce petit appareil est un véritable bijou, nous a dit souvent notre vieil ami et bien regretté confrère Breguet ; pour la première fois dans ma longue carrière, il m'est arrivé de voir un projet entièrement basé sur la théorie réussir du premier coup et donner des résultats véritablement surprenants. »

C'est surtout dans ces deux derniers mémoires que se manifeste d'une manière frappante le caractère original de l'œuvre scientifique de M. Yvon Villarceau. Géomètre sagace, analyste profond, quand un problème se pose à son esprit, il en édifie d'abord la théorie mathématique entendue dans le sens le plus large, mais, peu disposé à se contenter d'abstractions pures sans relation avec les phénomènes naturels, il appelle aussitôt l'expérience à son aide pour vérifier les déductions de la théorie. « Ma constante préoccupation, aimait-il à répéter, est de concilier la pratique avec la théorie. »

En *géodésie*, l'œuvre de M. Yvon Villarceau est aussi très considérable.

C'est lui qui, le premier en France, a exécuté de 1861 à 1865, suivant un plan systématique, en huit stations principales de la triangulation, des déterminations astronomiques de latitudes, longitudes et azimuts, afin de vérifier les opérations géodésiques et d'utiliser le réseau français dans les recherches délicates relatives à la figure de la terre.

Dans ces stations temporaires, choisies en rase campagne, avec un cercle méridien portatif, il a su appliquer, et même perfectionner, les méthodes adoptées dans les grands observatoires et a obtenu des

résultats d'une précision extrême, qui n'a guère été dépassée jusqu'ici.

La discussion de ces résultats l'a conduit ensuite à la découverte de trois théorèmes importants : le premier offre un moyen de contrôler les observations géodésiques en établissant une relation simple qui doit être satisfaite, quelles que soient les attractions locales, entre les longitudes et azimuts, calculés ou observés, d'un même point ; les deux autres permettent de déterminer la vraie figure de la terre, avec ou sans l'emploi des nivellements.

Ces trois théorèmes semblent résoudre la plupart des difficultés jusque-là insolubles que l'on rencontre dans la comparaison des résultats de la géodésie et de l'astronomie, et ici encore nous constatons la trace de la préoccupation constante de M. Villarceau : l'accord de la théorie avec la pratique.

La discussion approfondie des causes d'erreur, l'étude et la longue pratique qu'il avait acquise des instruments et des méthodes ont conduit notre confrère à affirmer qu'une seule erreur restait désormais à craindre dans les observations : l'erreur de réfraction due à l'atmosphère, et c'est afin de l'éliminer, ou du moins de l'atténuer presque indéfiniment, qu'il a eu l'idée de substituer aux observations de jour les observations nocturnes, dont la supériorité est aujourd'hui pleinement confirmée.

Dans le même but, il avait proposé de déterminer les déclinaisons des étoiles fondamentales et d'obtenir à la fois le contrôle et l'accord désirés, en organisant, entre les deux pôles de la terre, une série de stations astronomiques temporaires équidistantes, environ de 30°, et qui devaient être successivement occupées par le même observateur et le même instrument.

Cet exposé rapide des principaux travaux de M. Yvon Villarceau suffit à montrer quel vide il laisse parmi nous, quelle trace profonde il a creusée parmi ses contemporains.

Vous l'avez tous connu : totalement dépourvu de savoir-faire, adversaire de toutes les concessions sur le terrain scientifique, ne voulant ni ne pouvant s'astreindre à aucune coterie, fuyant les honneurs et la vaine popularité. Certes, il ne fallait pas attendre de lui cette banalité aimable qui se prodigue et pourtant sait rester indifférent à tout. C'était un homme austère, nerveux et impressionnable, d'un abord parfois difficile, mais aux convictions nettes, au langage ferme,

et, si sa franchise paraissait quelquefois un peu rude, elle prenait du moins sa source dans les sentiments les plus élevés : l'amour de la science et de la vérité.

Dans les dernières années de sa vie, à Paris, au milieu des amis fidèles et dévoués qu'il avait su grouper autour de lui, à Vendôme, dans la petite maison où il se retirait l'été pour y poursuivre plus utilement ses travaux, dans les voyages que nous avons faits ensemble vers les capitales de l'Europe où nous allions, avec notre confrère M. Faye, assister aux réunions de l'Association géodésique internationale, il m'a été donné de pénétrer dans l'intimité de M. Villarceau et d'apprécier, comme elle méritait de l'être, cette nature un peu rigide, mais loyale et bienveillante, cet esprit cultivé, accessible aux conceptions les plus élevées, ayant beaucoup retenu, parce qu'il avait beaucoup vu, et toujours désireux de voir et d'apprendre.

Il y a deux mois à peine que nous étions ensemble à Naples ; un jour, il soufflait vent et tempête ; malgré son âge, M. Yvon Villarceau voulut faire l'ascension du Vésuve et se fit porter sur les bords du cratère pour contempler de près cet étrange spectacle. Le soir du même jour, je l'entendis qui plaidait la cause du géomètre Wronski avec une ardeur toute juvénile auprès de l'un des maîtres de la science italienne. On ne pouvait guère prévoir alors la fin si prochaine d'une carrière qui promettait encore un avenir de travaux et de découvertes.

M. Yvon Villarceau avait été très éprouvé, il y a une dizaine d'années, par la mort d'une femme tendrement aimée ; mais il a eu le rare bonheur, dans la dernière période de sa vie, de trouver une seconde compagne, femme de cœur et d'esprit, dont le dévouement affectueux lui a rendu les douceurs du foyer domestique en groupant autour de lui une seconde famille au milieu de laquelle il s'est éteint paisiblement, presque sans souffrance, avec la patience, le courage et la résignation d'un sage, n'ayant rien à rétracter, fidèle aux convictions de toute sa vie.

Et maintenant, cher et regretté confrère, laissez-moi dire, au nom de l'Académie, qu'elle perd en vous un de ses plus dignes représentants.

Au nom de tous nos confrères, au nom de ceux qui vous ont aimé, cher confrère, adieu !

DISCOURS DE M. FAYE

AU NOM DU BUREAU DES LONGITUDES.

MESSIEURS,

M. Villarceau était le plus ancien membre du Bureau des Longitudes. Sa dernière préoccupation a été pour nous : le seul souci de ses derniers moments était un travail que nous attendions de lui et qu'il n'a pu achever.

Nous lui devons beaucoup, et ce ne serait qu'une manière bien imparfaite de nous acquitter envers lui que de rappeler ici, sur sa tombe, les travaux qu'il a entrepris pour le Bureau. Nous ferons plus pour sa mémoire en réalisant quelques-unes de ses conceptions favorites.

Car c'était à la fois un observateur consommé et un profond analyste, deux qualités rarement réunies chez un même individu. Il disposait en maître de toutes les ressources de la science mécanique. Nul n'était mieux armé que lui pour aborder les difficultés et les résoudre, et s'il lui a manqué quelque chose, ç'a été une de ces occasions qui s'offrent, une fois au plus par siècle, de changer d'un coup la face de la science. Quelque élevé et difficile qu'eût été le problème, cette forte tête en aurait eu raison.

Témoin la trace lumineuse qu'il laisse après lui, dans l'art de l'ingénieur, dans la chronométrie, la navigation, la mécanique, la géométrie, l'astronomie enfin, qu'il a toujours aimée par-dessus tout.

Cependant, au terme d'une vie si bien remplie, M. Villarceau, affecté d'une infirmité qui tendait à l'isoler, aurait peut-être passé de bien tristes années, malgré l'estime de ses collègues, s'il n'avait eu l'heureuse inspiration, la bonne fortune de confier son existence à une compagne excellente, digne de tous les hommages et de tous les respects, qui a su le rattacher au monde, rajeunir ses vieilles amitiés, lui en procurer de nouvelles, le guider avec sollicitude et lui faire entreprendre chaque année des voyages qui lui procuraient la douce satisfaction d'apprendre que son nom était honoré à l'étranger aussi bien qu'en France.

Mais, malgré ces consolations que nous aimons à nous donner à nous-mêmes en songeant à la fin paisible de notre collègue, le Bureau des Longitudes ne se sépare pas de M. Villarceau sans une vive douleur. Pour moi, après quarante années de confraternité scientifique, le moment de la séparation est bien rude. Le voilà pourtant arrivé ! Adieu donc, cher collègue, adieu pour un temps : votre souvenir vivra parmi nous et votre nom restera indissolublement lié à l'histoire de la science française que vous avez honorée par vos travaux.

DISCOURS DE M. TISSERAND

AU NOM DE L'OBSERVATOIRE.

MESSIEURS,

La perte de M. Yvon Villarceau sera vivement ressentie par l'Académie des sciences, le Bureau des Longitudes et l'Observatoire qu'il honorait par ses travaux.

Plus de cent mémoires approfondis, fouillés jusque dans leurs moindres détails, se rapportant aux sujets les plus variés : géométrie, mécanique rationnelle, physique mathématique, mécanique industrielle, astronomie théorique et pratique, géodésie supérieure ; un nombre considérable d'observations astronomiques, dont la précision était universellement reconnue, tel est le fruit de quarante années de labeurs ininterrompus.

Je viens, comme élève de M. Villarceau et au nom de l'Observatoire, rendre un dernier hommage à sa mémoire.

En me bornant aux points les plus saillants de son œuvre considérable, je voudrais rappeler en quelques mots les services éminents qu'il a rendus à l'astronomie française.

Ses premiers travaux théoriques se rapportent aux étoiles doubles dont W. Herschel avait révélé les mouvements dans les premières années de ce siècle, ouvrant ainsi un champ nouveau à l'activité des astronomes, observateurs et calculateurs. Savary, Encke et J. Herschel

avaient imaginé des méthodes ingénieuses pour le calcul des orbites des étoiles doubles ; M. Villarceau en fit connaître une nouvelle, qui permettait de faire intervenir à la fois tout un ensemble d'observations ; et, mettant à profit les riches matériaux accumulés par les deux Herschel et par les deux Struve, il parvint à fixer d'une manière précise les orbites de plusieurs systèmes binaires, choisis parmi les plus importants.

Dans le cours de ces études, M. Villarceau avait été conduit à résoudre un problème nouveau et intéressant : les mouvements observés dans les étoiles doubles permettent-ils d'affirmer que la loi de Newton, qui explique si bien les moindres déplacements dans notre système planétaire, s'étend nécessairement à ces mondes éloignés?

Il avait montré que d'autres lois, plus complexes, beaucoup moins probables, permettraient de représenter les observations.

Cette question curieuse a été posée, depuis, dans toute sa généralité, par M. Bertrand, et la solution, fournie par des géomètres distingués, est venue confirmer et compléter en certains points les résultats obtenus par M. Villarceau, vingt ans auparavant.

Tous les astronomes connaissent l'admirable méthode de Gauss pour la détermination de l'orbite d'une planète à l'aide de trois observations. Laplace avait donné, de son côté, une méthode très belle et très simple, permettant d'employer, non plus trois, mais un nombre plus grand d'observations, et de les faire concourir toutes à la détermination d'un résultat plus précis.

M. Villarceau a repris la méthode de Laplace, l'a développée, modifiée dans des cas assez nombreux où elle ne pouvait être appliquée directement, et en a fait un usage heureux dans plusieurs circonstances.

Il recueillit presque immédiatement le fruit de ses recherches en découvrant la périodicité de la comète de d'Arrest.

Pour l'astronomie d'observation, je rappellerai que, sous la direction de Le Verrier, c'est sur les plans de M. Villarceau que fut établi le grand équatorial de la tour de l'Ouest, qui réalisait alors un progrès considérable sur les instruments en usage dans les observatoires étrangers.

Je ne puis songer à donner une idée, même imparfaite, de ses recherches délicates des moindres détails des instruments de Gambey, ni de son étude approfondie des petits instruments de Rigaud, à l'aide

desquels il fit, pour la géodésie française, les travaux remarquables rappelés tout à l'heure par M. le colonel Perrier.

Voilà, Messieurs, un ensemble de travaux qui auraient suffi à assigner à M. Villarceau une place distinguée parmi les astronomes les plus habiles et les plus zélés.

Eh bien, il me semble que là où son talent s'est montré dans toute son originalité, c'est surtout dans l'application qu'il a faite de ses connaissances profondes en mécanique au perfectionnement des instruments astronomiques. A ce sujet se rattachent ses travaux remarquables sur le réglage et la compensation des chronomètres, sur la flexion des lunettes et sur les régulateurs isochrones.

Dans le régulateur à force centrifuge de son invention, il avait calculé dans son cabinet les dimensions et les poids de toutes les parties de l'appareil, de manière à réaliser un isochronisme aussi satisfaisant que possible, lorsque le poids moteur viendrait à varier dans le rapport de 1 à 6. L'artiste chargé de l'exécution du travail — c'était notre regretté confrère, M. Breguet — devait ne modifier en rien les dimensions calculées. Les résultats obtenus furent des plus remarquables, et M. Breguet, émerveillé, disait : « C'est la première fois qu'il m'est arrivé, dans ma longue carrière, de voir réussir un projet entièrement fondé sur la théorie. »

Un jour cependant, pour l'un des appareils, M. Villarceau eut un moment d'anxiété; les diagrammes recueillis par M. Breguet présentaient des écarts assez faibles, à la vérité, mais cependant supérieurs à ceux qui avaient été prévus ; M. Villarceau revoit ses formules et ses calculs numériques, et n'y trouve aucune erreur ; M. Breguet, de son côté, inspecte l'appareil dans toutes ses parties ; il finit par découvrir qu'une petite pièce accessoire n'avait pas reçu les dimensions indiquées : on remplaça la pièce et, du coup, l'accord se trouva rétabli.

D'autres personnes vous parleront, avec plus de compétence que je ne saurais le faire, des recherches de M. Villarceau dans le domaine de la mécanique appliquée, de son mémoire sur l'établissement des arches de pont, de sa théorie de la stabilité des machines locomotives en mouvement, deux travaux justement appréciés des ingénieurs, et dont les conclusions ont été adoptées depuis longtemps dans la pratique.

Cette revue rapide, et très incomplète, montrera cependant, je l'espère, toute l'étendue de la perte que nous venons de faire.

L'ardeur scientifique de M. Villarceau était restée tout entière, et nous pouvions attendre encore de lui des travaux importants et des conseils auxquels sa longue expérience aurait attaché le plus grand prix. Une maladie, causée peut-être par les fatigues de son récent voyage à Rome, l'a emporté en quelques jours, malgré les soins les plus tendres et les plus dévoués dont il a été entouré jusqu'à ses derniers moments.

Après avoir parlé du savant, je voudrais dire quelques mots de l'homme. Son caractère était franc et loyal ; la conviction profonde qu'il avait de l'exactitude de ses travaux l'entraînait peut-être à les soutenir, à les défendre avec une certaine vivacité ; mais ceux qui, comme moi, l'ont connu dans l'intimité, ont pu apprécier les qualités de son cœur, et savent qu'il n'avait qu'une passion, celle de la science, qu'il mettait au-dessus de tout.

DISCOURS DE M. ERNEST MARCHÉ

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

MESSIEURS,

C'est au nom de la Société des Ingénieurs civils, que je viens à mon tour, adresser quelques paroles d'adieu au grand travailleur qui va reposer ici.

Yvon Villarceau a collaboré toute sa vie aux travaux de notre Société. Il fit partie, depuis sa fondation, de son Comité et de son Bureau. Il en fut Président en 1871.

Fidèle à ses origines et quoique ses hautes facultés l'eussent entraîné à se consacrer à l'étude des branches les plus élevées des connaissances humaines, la géodésie et l'astronomie, il n'oublia jamais le diplôme d'ingénieur civil qu'il était venu conquérir à l'École centrale, à l'âge de vingt-sept ans, lors de son retour d'Égypte.

Il s'était créé dans notre Société une place à part, saisissant toutes les occasions de nous initier à celles de ses recherches qui se rappor-

taient à la solution des problèmes industriels par l'application des méthodes et des ressources des sciences physiques et mathématiques.

Dès 1851, lorsque se posa ce difficile problème de la stabilité des machines locomotives marchant à grande vitesse, problème à la solution duquel était lié tout l'avenir de l'exploitation des chemins de fer, Yvon Villarceau fut l'un des premiers à l'aborder et à élaborer une méthode scientifique dont l'expérience a confirmé les conclusions.

Ses mémoires et ses communications à la Société, sur le calcul des arches de pont, l'isochronisme des régulateurs, sur les mouvements oscillatoires des meules horizontales, que lui suggéraient les préoccupations de l'alimentation de Paris pendant le siège de 1870, sur la construction des instruments de précision, et tant d'autres, témoignent de sa préoccupation constante à ranimer dans notre milieu le culte des sciences exactes et des méthodes mathématiques, base de notre enseignement, mais que les soucis de la vie industrielle nous forcent souvent à négliger.

Nous nous rappelons encore avec quelle clarté, quelle hauteur de vues il nous exposait dans son discours d'installation à la présidence, et la rattachant ingénieusement à l'ordre de nos travaux ordinaires, cette question qui le passionnait, celle de la figure de la terre.

Mais, si Yvon Villarceau fut parmi nous l'un des trop rares représentants des sciences exactes, le représentant de la théorie, de cette théorie saine et féconde qui ouvre les voies aux applications et assure le progrès continu et indéfini de l'art de l'ingénieur, s'il fut l'un de nos guides les plus autorisés, il fut surtout l'une de nos gloires, car nous le considérions avec orgueil, comme représentant le génie civil à l'Académie des sciences.

C'est au nom de tous les membres de notre Société, des anciens qui furent les témoins de ses travaux et de ses luttes, des jeunes qui s'inspireront de ses œuvres, que je viens rendre hommage à la mémoire de cet homme de bien, modèle de droiture et de fermeté, de ce grand savant, de cet infatigable travailleur, et affirmer que son souvenir restera dans nos cœurs, que son nom sera inscrit dans nos annales parmi ceux des plus utiles et des plus dignes des fondateurs de notre Société et de notre profession.

Adieu, Yvon Villarceau, adieu.

DISCOURS DE M. CH. DE COMBEROUSSE

AU NOM DE L'ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE.

MESSIEURS,

C'est au nom de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale que je viens dire un dernier adieu à M. Yvon Villarceau.

Ce devoir ne m'appartenait pas ; mais le président actuel de l'Association est malheureusement en voyage, les deux vice-présidents sont absents, et mes collègues viennent d'invoquer auprès de moi mon titre d'ancien président de l'Association pour me prier de prendre la parole.

Je n'ai pu refuser un honneur qui me touche profondément, car j'aimais M. Villarceau, mais qui est bien périlleux après les discours si éloquents et si autorisés que vous avez entendus. J'aurais voulu être prévenu, afin d'essayer de rendre une plus entière justice à l'homme éminent qui nous quitte : c'est mon cœur seul qui pourra répondre à l'appel qui m'est fait.

Comme on vous l'a dit, les hasards de la jeunesse, les chances de la vie, avaient entraîné au loin M. Villarceau. Sans ces circonstances, il serait certainement entré à l'École polytechnique où l'appelaient ses dispositions extraordinaires pour les sciences, et notre grande sœur aînée aurait bénéficié de sa renommée.

C'est l'École centrale qui a pu le recueillir après ses années d'exode, et nous avons toujours été fiers de sa gloire scientifique et de sa réputation incontestée.

Mais, si nous lui devons beaucoup, on me permettra de dire qu'il nous doit peut-être aussi quelque chose.

Les juges que vous venez d'écouter ont tous mis en lumière ce trait caractéristique des hautes facultés de notre regretté camarade : il ne séparait jamais la pratique de la théorie, et il les associait avec une remarquable puissance pour atteindre le but poursuivi. Grâce à la théorie, dont il possédait toutes les ressources, il commençait par poser le

problème dans son intégrité, sans oublier aucune des conditions de la question ; puis, une fois les formules obtenues, il les soumettait à l'épreuve de la pratique et consultait l'expérience avec le soin le plus minutieux.

Cette alliance donnait les plus brillants résultats, M. Tisserand vient de vous le prouver, en vous racontant la charmante anecdote relative à la construction par Breguet du régulateur à ailettes de M. Villarceau. Les essais dévoilent une divergence entre les prévisions du savant et les constatations de l'habile artiste. On cherche, on examine. C'est le savant qui a raison, c'est le mécanicien qui a commis une légère erreur, immédiatement réparée.

Eh bien, ce don, si rare, de réunir deux facultés trop souvent séparées, d'être en même temps un savant hors ligne et un expérimentateur consommé, nous aimons à croire que M. Villarceau l'a puisé à l'École centrale, que du moins il a pu l'y développer davantage. Nous aimons à croire que les trois années de forte discipline qu'il a traversées au milieu de nous et l'empreinte qu'il a reçue de notre enseignement n'ont pas été inutiles à notre cher et glorieux camarade.

On a loué de haut, comme ils le méritent, ses recherches et ses travaux. Je n'ai pas à y revenir ; mais j'ai besoin de vous parler de l'homme.

Notre Association l'avait élu deux fois son président : c'est vous dire en quelle estime et en quelle affection elle le tenait.

J'ai entendu pourtant reprocher parfois à M. Villarceau d'avoir un caractère difficile ; mais j'ai assez vécu pour savoir qu'on vous accuse bien souvent d'avoir un mauvais caractère, simplement parce que vous avez *un caractère*. C'est ce qui est arrivé à notre ami : il avait un caractère et c'était une conscience. Il ne craignait pas de lutter et de souffrir pour ce qu'il croyait être la justice et la vérité. Il ne connaissait ni les compromis faciles, ni l'intérêt personnel, ni la peur de se créer des ennemis. Il allait droit à la lumière et au bien, et ne songeait pas au reste.

Mais, en dehors de ces moments où son austère fermeté apparaissait, combien il était affable, naïvement bon, paternel pour ses jeunes camarades, dévoué au souvenir de l'École qui l'avait abrité, des professeurs sous lesquels il avait fait ses premiers pas et qui lui avaient prédit ses succès !

Au commencement de cette année, j'avais été chargé, par le Bureau

de la Société des Ingénieurs civils, d'aller l'inviter à assister au banquet commémoratif de la fondation de cette Société, dont il a été l'un des présidents les plus éminents et les plus respectés.

Il me reçut avec la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée, et je le trouvai dans son cabinet de travail, entouré de ses livres et de ses manuscrits. Après quelques mots d'excuse sur sa santé qui l'empêchait de se rendre à notre désir, il m'entretint de ses travaux et de ses projets, des progrès à réaliser en mécanique et en analyse, des publications toutes prêtes auxquelles il songeait. Il m'expliqua enfin comment il avait voulu, pour le *Bulletin* de la Société scientifique de sa ville natale, exposer la construction et les propriétés de son régulateur isochrone à ailettes, qui est un chef-d'œuvre, en laissant de côté tout calcul compliqué et en s'appuyant sur les données les plus élémentaires de la science.

Je le quittai à regret, plein d'admiration pour son infatigable amour de l'étude, plein de reconnaissance pour sa bonne grâce. Je ne pensais pas que je ne le reverrais qu'ici.

Je lui dis adieu avec une véritable émotion :

Au nom de l'Ecole centrale, qui est fière de sa gloire, qui gardera son souvenir et son exemple, et que j'aurais voulu voir représenter au bord de cette tombe, mieux que je n'ai pu le faire aujourd'hui ;

Au nom de l'Association amicale, qui perd en lui un de ses meilleurs présidents, un de ses appuis les plus fidèles, et qui lui conservera la plus sincère, la plus tendre affection.

Adieu, mon cher camarade... Je devrais dire : mon cher maître !

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Touage à chaîne sans fin. — Moteurs à vent. — Conduites d'eau de grand diamètre en tôle. — Steamers transatlantiques. — Congrès suisse de la propriété industrielle.

Touage à chaîne sans fin. — M. Dupuy de Lome a communiqué récemment à l'Académie des sciences les résultats d'une expérience intéressante de touage qui lui paraît résoudre le problème difficile de la navigation du Rhône.

Le savant académicien rappelle combien ce magnifique cours d'eau est imparfaitement utilisé actuellement comme moyen de communication entre l'intérieur de la France et la Méditerranée à cause des entraves qu'apportent à sa navigation les courants, les brusques déplacements des fonds et le peu de régularité de la profondeur.

Le touage y présente des difficultés considérables, c'est du moins l'opinion généralement accréditée et nous renvoyons à ce sujet à l'analyse que nous avons donnée dans la Chronique d'avril 1883, page 574, du mémoire de notre collègue M. Moreaux. sur la navigation du Rhône.

M. Dupuy de Lome a pensé qu'on pourrait trouver la solution du problème dans l'emploi du touage à chaîne sans fin, souvent proposé déjà et il a réalisé l'expérience dont il est question, avec le concours de M. Zédé, directeur des constructions navales.

Le bateau qui a servi de toueur était un de ces chalands connus sur le Rhône sous le nom de *penelles*, de 33 mètres de longueur, $7^{m},50$ de largeur et $2^{m},10$ de creux. Sur les flancs, de bout en bout, ont été disposées deux fortes chaînes de navires pesant 46 kilogs le mètre courant. Ces chaînes plongeant dans l'eau à l'avant, reposant sur le fond et remontant à l'arrière étaient soutenues sur toute leur partie supérieure par des rouleaux, les rouleaux extrêmes étant en saillie, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Chaque chaîne était actionnée par une locomobile de 15 chevaux.

Un premier essai fait dans la rade de Port-de-Bouc, en eau calme, mais avec des profondeurs très variables, démontra tout d'abord qu'au moyen des chaînes on faisait gouverner le bateau avec facilité et précision. Dès qu'on donnait à une des chaînes un peu plus de vitesse qu'à l'autre, le bateau abattait immédiatement du côté du ralentissement et suivait avec une docilité parfaite le tracé le plus sinueux ; il est bon de dire que, dans les évolutions à court rayon, la direction des chaînes devenant trop oblique

par rapport aux rouleaux extrêmes, pour empêcher ces chaînes de décapeler, on avait dû prendre la précaution de disposer des rouleaux horizontaux formant guides pour les parties montante et descendante des chaînes.

Une fois sur le Rhône on a reconnu qu'il était indispensable de pouvoir régler suivant la profondeur du fond la longueur de la partie de la chaîne immergée; en effet, si cette chaîne est trop courte, la chaîne manque d'adhérence sur le fond et glisse; dans le cas contraire, elle forme des paquets sur le sol, ce qui empêche le bateau de rester droit lorsqu'il est pris obliquement par le courant.

On avait, pour régler la chaîne, placé les deux rouleaux d'avant sur des chariots mobiles pour pouvoir, à volonté, les rapprocher ou les éloigner des autres, on pouvait ainsi naviguer par des profondeurs variant de 1 mètre à 6m,50.

Des expériences préliminaires avaient fait reconnaître que le coefficient de frottement des chaînes sur le fond variait, suivant la nature de ce fond, de 83 à 120 pour 100 du poids de la chaîne dans l'air. On avait ainsi pu établir sur la marche du bateau des calculs que l'expérience définitive a pleinement confirmés ; on a pu franchir facilement des passages où la vitesse de l'eau dépassait 3 mètres, et où la pente était de 0m,73 par kilomètre, avec des fonds variant brusquement de 6m,50 à 1m,50. On s'arrêtait à volonté au milieu de ce courant violent, on repartait sans difficulté, en gouvernant avec la plus rigoureuse précision.

M. Dupuy de Lome attribue la part la plus considérable du succès obtenu aux dispositions de détail employées, notamment :

1° L'emploi de deux chaînes sans fin latérales, actionnées par des machines indépendantes, maniées par un seul homme qui s'en sert ainsi pour gouverner ;

2° L'emploi de chaînes d'une longueur et d'un poids par mètre bien calculé en vue de la force de traction à opérer ;

3° Les rouleaux directeurs empêchant les bouts montant et descendant de la chaîne sans fin de décapeler de leurs rouleaux de support arrière et avant lors des évolutions dans les courts rayons;

4° Le moyen d'embrayer le mou de la chaîne sans fin quand la profondeur de l'eau diminue et d'accroître la longueur de la partie immergée quand la profondeur d'eau augmente.

M. Dupuy de Lome attribue à ces détails le succès de l'expérience actuelle et à leur absence l'état de stérilité dans lequel était restée l'idée du touage par chaîne sans fin présentée il y a plus de quarante ans.

En effet, divers ingénieurs se sont occupés de cette question.

M. Beau de Rochas avait publié en 1862, un Mémoire intitulé : *De la traction des bateaux fondée sur le principe de l'adhérence*, dont notre ancien président et regretté collègue Faure, présenta une analyse dans la séance du 6 février 1863 de la Société des Ingénieurs civils. M. Beau de Rochas indiquait que la question du touage par chaîne sans fin prenant l'appui sur

le fond avait été l'objet de divers brevets entre 1839 et 1860. Nous renvoyons au compte rendu des séances des 6 et 20 février 1863 pour la discussion qui a eu lieu sur cette question, en nous bornant à indiquer que Faure concluait en exprimant le désir que le système de halage par adhérence, étudié par M. Beau de Rochas, fût soumis à une expérimentation sérieuse parce que les espérances qu'il faisait naître étaient rationnelles.

Il ne paraît pas avoir été fait mention à ce moment d'expériences très intéressantes faites peu auparavant par un membre de notre Société, M. Ch. Reynaud, ancien constructeur maritime à Cette. La question du touage par chaîne sans fin revenant sur l'eau, il nous a semblé utile de nous faire donner par M. Reynaud quelques détails sur les tentatives qu'il avait faites de son côté et notre collègue a bien voulu nous communiquer divers documents restés inédits ou tout au moins très peu connus jusqu'à ce jour.

La disposition qu'il avait étudiée avait pour objet la traction des trains de bateaux principalement dans les canaux, le toueur devant servir pour ainsi dire de locomotive fluviale, et l'auteur s'était préoccupé non seulement de la traction mais encore de la possibilité de bien gouverner dans les coudes brusques qui se rencontrent souvent sur les canaux.

Le toueur de M. Reynaud fonctionna dans l'été de 1860 sur le canal de la Peyrade, en remorquant des gabarres chargées de pierres. Il nous paraît intéressant de reproduire un rapport, émanant d'une autorité compétente, qui fait connaître les dispositions employées et les résultats obtenus.

Voici ce rapport :

« M. Reynaud, ingénieur civil, qui a dirigé une très importante usine de construction de machines et de bateaux à vapeur à Cette, nous a demandé de vouloir bien constater les résultats obtenus avec un bateau remorqueur dont le touage se faisait au moyen d'une chaîne sans fin et qu'il avait établi d'après ses idées pour lui servir d'étude et d'expérience en vue des dispositions définitives à prendre dans les bateaux neufs qu'il se proposait de construire pour l'application de son système à la navigation.

« Dans le mois d'août 1860, nous soussigné ingénieur en chef des ponts et chaussées et du service maritime du département de l'Hérault, nous nous sommes transporté à bord dudit bateau.

« Nous ferons connaître d'abord l'état et les dispositions du bateau qui a servi aux expériences, les résultats obtenus, les modifications que le constructeur se propose d'adopter dans le nouveau bateau et les avantages qu'il en attend.

« *Barque d'essai.* — La barque d'essai était une de celles dont on se sert pour la navigation sur le canal du Midi. Les dimensions étaient les suivantes :

Longueur de tête en tête.	24m,50
Largeur.	5m,25
Calaison.	1m,20

« Cette embarcation était vieille et munie à l'avant de plusieurs pièces de bois que l'on avait disposées pour y assujettir diverses parties du mécanisme.

« Pendant les essais, il y avait à bord un lest en terre qui permettait d'obtenir ce tirant d'eau.

« Le volume d'eau déplacé correspondait à environ 110 mètres cubes, le poids de la barque, d'après M. Reynaud, serait de 30,000 kilogrammes, de sorte que le lest pouvait être évalué à 80 tonnes.

« La section immergée de la barque était de 6m,30 carrés, celle du canal de 38 mètres carrés; elle pouvait être réduite par les herbes abondantes ordinairement à cette époque d'août et par quelques dépôts de vase à 35 mètres carrés.

« Le touage de ce bateau se faisait au moyen d'une chaîne sans fin enveloppant le bateau et le gouvernail, portée sur le pont, tombant dans l'eau par le devant, remontant par l'arrière en passant par des poulies de retour; cette chaîne était mue par une machine à vapeur de l'arrière à l'avant sur le pont et par suite sur le fond qui était le lieu de touage de l'avant à l'arrière.

« La chaîne pesait 29 kilogrammes le mètre courant; elle était fabriquée avec du rondin de 20 millimètres de diamètre et garni de gros étais en fonte d'une forme sphérique.

« Elle passait sur des rouleaux horizontaux de 0m,20 de diamètre seulement disposés sur toute la longueur du pont de la barque.

« La machine motrice était une locomobile de 6 chevaux, travaillant à la pression de 6 atmosphères.

« Elle s'alimentait à l'eau froide et ne tenait pas sa pression moyennement au-dessus de 5 à 5 1/2 atmosphères.

« La transmission du mouvement au treuil de halage avait lieu par courroies.

« Le treuil était sur le pont de la barque et la machine dans la cale; le treuil était à double tambour, analogue à ceux dont on se sert pour le touage sur la haute et basse Seine.

« *Observations faites et résultats obtenus pendant l'expérience.* — L'essai a eu lieu sur le canal de la Peyrade entre l'ancienne usine Reynaud et le pont de la Peyrade, au delà du coude brusque à angle droit, sur une largeur de 2,000 mètres, aller et retour[1].

« Le bateau mis en mouvement et sa marche étant devenue régulière et uniforme, nous avons mesuré la vitesse au compteur Garnier et au moyen des bornes du canal, nous l'avons trouvée de 3,600 mètres à l'heure; le bateau obéissait très bien au gouvernail et nous avons franchi le coude du canal avec une marche régulière et sans aucune difficulté.

1. M. Reynaud fait observer que la distance parcourue en allant et en revenant était de 2500 mètres au moins, bien que le rapport ne note que 2000 mètres.

« Voici les observations que nous avons faites pendant la marche du bateau :

« La chaîne retombait régulièrement dans l'eau par le devant du bateau après y être remontée par derrière sans trop de difficultés, quoique les dispositions d'exécution du gouvernail laissassent beaucoup à désirer et que les poulies de retour eussent un diamètre beaucoup trop petit, 0m,30, la chaîne avait un glissement de 13 pour 100 aux dépens du touage ; elle portait quelques herbes en remontant. Elle fonctionnait cependant, ainsi qu'on peut l'apprécier par les résultats ci-dessus du touage, avec assez d'énergie, malgré son faible poids et les nombreuses causes de perte de force que nous allons énumérer.

« La chaîne ne tirait pas en ligne droite, elle avait sur le pont deux déviations qui augmentaient les frottements au détriment du travail utile.

« En passant sur les rouleaux horizontaux elle éprouvait des ressauts continuels pendant la marche. La perte de force utile devait être très grande. M. Reynaud l'estimerait, d'après son calcul, à 2 chevaux environ.

« La barque qui servait de liaison entre le moteur et l'appareil de touage était en très mauvais état, sans rigidité et solidarité suffisantes dans toutes ses parties ; on remarquait pendant la marche des trépidations très sensibles qui devaient annuler une partie du travail.

« *Modifications que M. Reynaud a le projet de faire et résultats qu'il en attend.* — La barque d'essai, comme on vient de le voir, est donc des plus défectueuses. La coque en mauvais état, le moteur et l'appareil de touage formés d'éléments hétérogènes pris çà et là, l'exécution et la réunion de leur assemblage laissant beaucoup à désirer doivent nécessairement faire supposer de grandes pertes de force, sans permettre cependant, à cause de défauts trop nombreux de cette barque d'essai, d'apprécier l'étendue de ces pertes et de dire, par conséquent, quelle serait l'augmentation de force utile qu'on pourrait obtenir avec les modifications que M. Reynaud a le projet de faire.

« Il nous a fait connaître, dans un dessin qu'il nous a donné, ces modifications. Nous allons les indiquer, laissant aux hommes compétents le soin d'apprécier quelle peut en être la portée.

« Nous n'avons pas besoin de dire que la barque serait construite solide et convenable en vue de sa destination.

« La direction de la chaîne sur le pont serait rectifiée ; elle serait en ligne droite, de la poulie de retour à l'avant à la poulie de retour à l'arrière. Ces poulies auraient un diamètre de 1 mètre au lieu de 0m,30 seulement.

« La chaîne passerait entre des rouleaux montés sur pivots verticaux ; ils seraient à rebords formant un plan continu horizontal sur lequel la chaîne glisserait. M. Reynaud suppose qu'il peut augmenter avec avantage sa longueur et surtout son poids qu'il porterait de 29 à 150 kilogrammes et même 200 kilogrammes, afin d'obtenir ainsi un plus grand frottement utile sur le fond.

« Des modifications convenables auront sans aucun doute pour résultat d'augmenter sensiblement l'effet utile, mais il serait impossible de dire, par les essais que nous avons faits, dans quelle proportion.

« Ces bateaux ne nous ont paru d'ailleurs produire dans leur marche aucun dégât qui puisse les empêcher d'être admis à naviguer sur les canaux. »

« Cette, le 11 septembre 1860.

« *Signé :* REGY,

« Ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé du contrôle des canaux du Midi et du service maritime du département de l'Hérault. »

Nous avons sous les yeux diverses pièces attestant qu'au mois d'août 1860, des gabarres chargées de pierres destinées au chemin de fer du Midi ont été remorquées sur le canal de la Peyrade par le toueur dont il s'agit et que notamment le 12 août, il a été remorqué en même temps deux gabarres portant chacune 80 tonnes de casson, la barque à vapeur étant elle même chargée d'un poids au moins égal ; pour ces trois embarcations réunies, la vitesse obtenue était de deux kilomètres et demi environ.

M. Reynaud se proposait d'employer le touage à chaîne sans fin principalement sur les canaux et il avait étudié des dispositions de trains de bateaux dans lesquels le toueur jouait le rôle de locomotive, la chaîne s'étendant sur toute la longueur du train, de sorte que l'adhérence se trouvait proportionnelle à la charge et par conséquent à l'effort de traction à exercer.

Des considérations de l'ordre financier ont empêché la continuation de ces essais et il ne semble pas que la question du touage à chaîne sans fin ait été reprise dans la voie expérimentale jusqu'à l'application que vient de faire M. Dupuy de Lome avec les importants perfectionnements de détail qui ont été indiqués.

Moteurs à vent. — Nous avons dans la Chronique de septembre 1883, page 331, donné d'après un journal américain quelques renseignements sur les applications des moulins à vent, que ce journal considérait comme limités à des dimensions modérées.

Notre collègue, M. Schabaver, constructeur à Castres, veut bien nous informer qu'il a fait de nombreuses applications du moulin Halladay, avec des dimensions bien supérieures à celles qui ont été indiquées. Ce moulin est en effet employé avec commande directe des pistons depuis 3 mètres jusqu'à 9 mètres de diamètre et avec mouvement par engrenages depuis 3 mètres jusqu'à 24 mètres de diamètre.

M. Schabaver cite un moulin de 9 mètres établi à Mazamet, lequel élève 500 litres par minute à 26 mètres de hauteur, ce qui fait à peu près 3 chevaux en eau montée.

Un autre moulin élève l'eau à 42 mètres.

Pour l'appareil de 9 mètres le nombre de tours ne dépasse pas 28 tours par minute et ce nombre ne s'élève qu'à 44 pour les moulins de 3 mètres ;

aussi les pompes peuvent-elles être actionnées directement par l'arbre moteur sans intermédiaire d'engrenages.

A la dernière exposition d'électricité à Vienne, un de ces moulins chargeait un accumulateur, lequel servait à faire fonctionner des machines à battre et autres appareils agricoles. La question de l'application des moulins à vent aux travaux des champs est à l'étude et on peut espérer voir bientôt des résultats intéressants dans cet ordre d'idées.

M. Schabaver a déjà réalisé dans le Midi plusieurs élévations d'eau pour des villes dont le budget est trop limité pour avoir recours à des moteurs autres que le vent. On peut citer entre autres Bages (Aude), localité de 800 habitants, où l'eau est amenée de 1,800 mètres avec une différence de niveau de 37 mètres pour alimenter 9 bornes fontaines et une fontaine monumentale.

Depuis deux ans cette ville n'a pas manqué d'eau un seul jour; la dépense a été de 57,000 francs. D'autres localités sont alimentées par des moteurs à vent avec une dépense de moitié, les circonstances s'étant trouvées plus favorables.

Les moulins Halladay que construit M. Schabaver, sont d'ailleurs très employés aux États-Unis et au Canada dans les chemins de fer pour l'élévation de l'eau destinée au remplissage des tenders. Pour ces applications notamment l'appareil est installé avec un régulateur automatique de sorte qu'il s'arrête de lui-même lorsque le réservoir qu'il alimente est plein et qu'il se remet en marche lorsque ce réservoir commence à se vider. Le moulin ne travaille ainsi que lorsqu'il y a utilité et l'usure se trouve proportionnelle au travail produit.

Conduites d'eau de grand diamètre en tôle. — Nous avons donné dans la Chronique de juillet, page 126, un compte rendu d'un mémoire de M. Joseph Moore, de San-Francisco, sur l'emploi de la tôle pour les conduites d'eau de grand diamètre, lu devant la Société des Ingénieurs d'Écosse. Dans la discussion qui a eu lieu sur cette question il a été présenté des observations intéressantes.

M. Gale a insisté sur l'utilité des conduites en tôle dans les cas où le transport doit être pris en considération. Ainsi la ville de Kimberley, dans l'Afrique méridionale, a posé 28 kilomètres de tuyaux en tôle de $0^m,35$ de diamètre et de $0^m,006$ d'épaisseur maxima, devant résister à une charge de 150 mètres d'eau; les joints étaient faits avec des brides en fer et, sur 6,000 joints, 3 seulement ont manqué. La ville est à 800 kilomètres de la côte et le transport depuis le port de débarquement a coûté 500 francs par tonne, raison qui explique le choix qu'on a fait de la tôle pour les tuyaux.

Ce genre de tuyaux est peu employé pour les conduites des rues à cause de la difficulté d'établir des branchements et il ne convient pas pour des diamètres réduits et pour des pressions modérées, mais dès qu'on arrive à de gros diamètre et à de fortes pressions, il reprend sa supériorité. Les

brides sont pour les tuyaux en fonte une cause de faiblesse ; d'ailleurs la fonte n'est pas une matière à laquelle on puisse accorder une confiance absolue. Ainsi pour les sept dernières ruptures qui se sont produites dans les grosses conduites du Loch-Katrine, de 1m,20 et 0m,90 de diamètre, le métal a cédé à des efforts variant de 21 à 97 kilogrammes par centimètre carré; c'est bien inférieur aux limites de résistance de la fonte, d'autant plus que toutes ces conduites paraissaient parfaitement saines et se sont rompues sans cause apparente. Elles avaient été déjà longtemps en service l'une pendant vingt-trois ans, les autres pendant des périodes variant de quatre à sept ans ; toutes avaient subi les épreuves réglementaires.

M. Gale pense qu'on arriverait facilement à faire des tuyaux en fer laminés sans rivure longitudinale, qui donneraient toute sécurité.

Steamers transatlantiques. — Le célèbre paquebot l'*Alaska*, de la ligne Guion, surnommé le *levrier de l'Atlantique*, a exécuté au mois de septembre dernier la plus rapide traversée connue entre Queenstown et New-York ; le parcours de 2,784 milles a été effectué en 6 jours 21 heures et 40 minutes, soit une vitesse moyenne de 17 nœuds.

L'*Oregon* de la même ligne, construit comme le précédent et sur les mêmes plans par John Elder et Cie, sur lequel nous avons donné quelques renseignements dans la Chronique de février, page 248, lorsqu'il était en construction, est aujourd'hui terminé.

Ce paquebot a 158m,60 de longueur, 16m,47 de largeur, et porte un appareil moteur susceptible de développer 12,000 chevaux indiqués. Il y a un cylindre à haute pression de 1m,770 de diamètre et deux cylindres à basse pression de 2m,630, la course commune étant de 1m,830. La vitesse réalisée dans les essais a été de 23 milles à l'heure, soit 20 nœuds, vitesse, croyons-nous, sans précédent pour un navire de ce tonnage.

Congrès suisse de la propriété industrielle. — Nous avons indiqué dans la Chronique d'août 1883, page 249, qu'il devait se tenir à Zurich, les 24 et 25 septembre, un Congrès pour discuter la question des brevets d'invention en Suisse. Ce Congrès a eu lieu en présence d'une nombreuse affluence ; les rapports ont été présentés en français par notre collègue M. Weibel, de Genève, et en allemand par M. Waldner, de Zurich, et, après une discussion prolongée, le Congrès a adopté les résolutions suivantes :

Le Congrès considérant :

1° Que le système de la protection des inventions favorise le progrès et le développement de l'industrie en hâtant la connaissance et l'application des procédés nouveaux ;

2° Qu'il tend à procurer aux inventeurs une juste rétribution de leur travail et, par là, à les retenir dans le pays, ce qui favorise la création de nouvelles industries :

3° Que, la faculté de faire protéger en Suisse leurs modèles et dessins étant reconnue aux ressortissants français par la convention du 23 février 1882, ceux-ci jouissent dans notre pays de droits que n'y possèdent pas les Suisses eux-mêmes ;

4° Qu'il résulte de là qu'une loi suisse sur les modèles et dessins ne créerait aucun droit qui ne soit accordé en Suisse aux ressortissants français, non seulement depuis 1882, mais même depuis 1864 ; qu'ainsi une loi suisse n'apporterait aucune modification de principe à la situation de nos industries, mais aurait l'avantage de rendre, en Suisse, la propriété des modèles et dessins directement accessible aux citoyens suisses :

5° Que cette loi qui est de première nécessité pour l'industrie, les métiers artistiques et autres, stimulerait la production de dessins et modèles originaux et donnerait aux artistes, fabricants et aux ouvriers suisses une protection efficace qui les retiendrait dans le pays, tandis que le régime actuel les pousse à l'expatriation ;

6° Que la reconnaissance de la propriété des inventions et des modèles et dessins aurait pour effet de placer la Suisse sur un pied d'égalité vis-à-vis des autres États civilisés et de mettre notre industrie à l'abri du reproche de contrefaçon qui lui est fréquemment adressé ;

7° Que l'adoption de ce principe aurait en outre l'avantage de permettre à la Suisse de travailler à la solution de la question internationale et de recueillir les bénéfices de son entrée dans l'Union internationale pour la protection de la propriété industrielle ;

Décide :

I. Il est urgent que la question de la propriété industrielle soit réglée par une loi fédérale.

II. Le bureau du Congrès est chargé de présenter aux hautes autorités fédérales le vœu :

a) Que la revision de l'article 64 de la Constitution fédérale tendant à donner à la Confédération le droit de légiférer en matière de brevets d'invention et de modèles et dessins industriels, soit de nouveau soumise au peuple suisse.

b) Que cette question soit présentée seule, aucune autre votation fédérale n'ayant lieu le même jour.

III. Le Congrès émet, au sujet de l'élaboration des lois spéciales sur la matière, les vœux suivants :

a) Le législation devra sauvegarder avec le plus grand soin les intérêts des industries et métiers établis en Suisse ; elle devra s'inspirer du principe de la réciprocité dans les stipulations concernant les rapports internationaux. En particulier, on devra, pendant la période d'élaboration de la loi, s'assurer la collaboration d'experts compétents.

b) La législation suisse devra tenir compte des faits accomplis, en ce sens que toute invention mise à exécution et livrée à la publicité en Suisse

au moment de la promulgation de la loi, ne sera pas susceptible d'être valablement brevetée.

c) Elle devra, dans la détermination des objets admis à être brevetés, avoir égard aux difficultés théoriques et pratiques que soulève l'application de la propriété industrielle aux industries chimiques et pharmaceutiques; dans ce but elle devra exclure les produits et procédés chimiques et leur application à la teinture, l'impression, l'apprêt et le blanchiment des étoffes et des filés. La loi favorisera l'application aussi étendue que possible des inventions brevetées, en réservant à chacun le droit de les utiliser moyennant une indemnité qui sera au besoin fixée par les tribunaux (licence obligatoire).

d) Elle devra avoir pour but de développer l'esprit d'invention, en évitant toute exagération de réglementation, elle mettra le bénéfice de la loi à la portée de tous, avec les moindres frais possibles, les taxes devront avoir pour but d'assurer le service de la propriété industrielle et devront éviter tout caractère fiscal.

Zurich, octobre 1883.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

NOVEMBRE 1883.

Rapport de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE sur un **nouveau dispositif de roues à augets**, dû à M. DUPONCHEL, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — Ces roues ont été décrites dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, livraison de février 1883 (voir comptes rendus d'avril).

Rapport de M. COLLIGNON sur le **moteur Daussin**. — M. Daussin, constructeur à Fives-Lille, a fait un petit moteur à vapeur pouvant faire fonctionner une ou deux machines à coudre ou outils de résistance équivalente avec le calorique développé par un fourneau de ménage.

La chaudière, qui a de 1 à 3 litres de capacité, est formée de petits tubes fermés à leur extrémité inférieure et plongeant dans le fourneau.

Ces tubes communiquent avec une colonne verticale où se fait la prise de vapeur. Le cylindre est oscillant et la distribution se fait par l'oscillation. L'alimentation est opérée par un petit tiroir mû par une roue à rochet, et qui fait communiquer à intervalles réguliers une petite capacité, tantôt avec la chaudière, tantôt avec un réservoir supérieur contenant de l'eau.

La commission des machines à vapeur a exempté le moteur Daussin des essais préalables prescrits par le décret du 30 avril 1880, sous la réserve que la capacité totale de la chaudière n'excède pas 3 litres, que la surface de chauffe ne dépasse pas 25 décimètres carrés et que le ressort de la soupape tiroir (qui sert de soupape de sûreté) cède à une pression d'un kilogramme par centimètre carré.

Sur le **réverbère de sûreté** de M. Lechien, par M. Haton de La Goupillière. — Le principe de cet appareil consiste à faire brûler le gaz combustible dans une enceinte isolée de l'atmosphère extérieure, qui peut être rendue accidentellement explosible, inflammable ou non comburante. On alimente à cet effet la combustion intérieure au moyen d'air pur amené par une canalisation qui le prend en dehors des bâtiments ou à une distance suffisante du puits.

L'utilité de cette disposition est sérieuse et peut être appréciée dans les cas d'incendies de théâtres ou dans les explosions de mines, où la prolongation de l'éclairage peut améliorer les conditions de retraite des survivants.

Les appareils Lechien sont employés à Ciply, à Sainte-Aldegonde et à Marcinelle, où on paraît satisfait de leur emploi. Les garnitures des lanternes sont en verres doubles trempés, éprouvés à 300 degrés et sous une pression de $0^m,50$ d'eau.

Sur un moyen d'empêcher **l'état sphéroïdal de l'eau** dans les vases métalliques surchauffés, par M. Melsens. — M. Melsens a fait diverses expériences pour démontrer que lorsque le fond d'une chaudière est garni de pointes, l'ébullition de l'eau se fait avec facilité et l'eau ne passe pas à l'état sphéroïdal, dans les conditions où ce phénomène se produirait, à la même température, en présence d'une surface métallique lisse.

Discours prononcé sur la tombe de M. Cloëz par M. J.-A. Barral.

Discours prononcé sur la tombe de M. Cloëz par M. Frémy, membre de l'Institut.

Action de la lumière du jour et de la lumière électrique sur les couleurs employées en teinture et en peinture à l'eau et à l'huile, par M. Decaux, directeur des teintures des Gobelins et de Beauvais. — Nous croyons devoir citer une conclusion très remarquable des expériences de M. Decaux; c'est que l'action de la lumière électrique à arc voltaïque sur les couleurs fixées sur la laine par la teinture, ainsi que sur celles de

peinture à l'eau et à l'huile, est semblable à celle du jour et peut être utilisée pour leur classement, sous le rapport de leur résistance à la lumière du jour; d'où il résulte qu'il y aurait des inconvénients très notables à exposer à cette lumière électrique les tissus teints ainsi que les peintures à l'eau et à l'huile.

Discours prononcé par M. J.-B. Dumas, président de la Société nationale d'Agriculture de France, à la séance publique annuelle du 27 juin 1883.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

octobre 1883.

Notice nécrologique sur M. Varroy, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sénateur, ancien Ministre des Travaux publics, par M. Picard, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Compte rendu de la construction du **chemin de fer de Busigny à Hirson**, par M. Menche de Loisne, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et M. Vergnol, ingénieur auxiliaire des travaux de l'État.

Note sur les **raccordements paraboliques** de la voie en plan, par M. Tourtay, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur l'**expropriation des marais de Fos**, par M. Salles, ingénieur des ponts et chaussées.

ANNALES DES MINES.

3e *livraison de* 1883.

Rapport présenté au Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, au nom de la sous-commission du matériel des **chemins de fer de la Corse**, par MM. Sartiaux et Banderali. — La première partie de ce rapport consiste dans l'examen détaillé des propositions de M. l'ingénieur en chef du département de la Corse, au sujet des dispositions à adopter

pour ces chemins de fer, savoir : voie de 1 mètre, rails de 20 kilogrammes environ, maximum de déclivité, 20 et 25 millièmes, courbes descendant exceptionnellement à 100 mètres, etc.

A la suite de cette première partie sont divers annexes visant : les conditions de résistance du type de rail et d'éclisse recommandé par la commission, l'emploi de rails de $7^m,94$ et $7^m,90$ dans la voie en courbe, les plaques d'arrêt, les conditions de résistance des traverses et l'inclinaison à donner au rail.

La deuxième partie comprend la discussion du type de rail à double champignon à adopter pour les chemins de fer de la Corse, le Conseil général des ponts et chaussées ayant émis l'avis que le rail à double champignon en acier, de 20 kilogrammes, devait être substitué au rail à patin; la sous-commission a conclu que ce type de rail devait être à champignon dissymétrique, peser un peu plus de 20 kilogrammes, avoir des joints en porte à faux, des éclisses se rapprochant, autant que possible, comme résistance, comme poids et inclinaison de serrage, du type étudié pour le rail à patin, et enfin avoir un coussinet à large base.

La troisième partie comprend l'étude du matériel roulant pour lequel la sous-commission s'est inspirée des conditions générales d'établissement du matériel du chemin de fer à voie étroite de Hermes à Beaumont. Les machines sont des machines-tender à 3 essieux accouplés, à roues de 1 mètre, la charge de chaque essieu n'excédant pas 8 tonnes, et l'empattement $2^m,17$. L'arrière de la machine est supporté par un train Bissel à un seul essieu; approvisionnement d'eau, 4,000 litres; poids de la machine en service, 28,500 kilogrammes, dont 24,000 de poids adhérent.

Le matériel est à traction continue et tamponnement central à $0^m,805$ du rail, l'axe de traction étant à $0^m,655$.

Les voitures à voyageurs sont de trois classes à compartiments séparés; le matériel de marchandises comprend : 1° wagon couvert à volets mobiles, tare 5 tonnes, chargement 10 tonnes; 2° wagon-tombereau à 10 tonnes; 3° wagon-plate-forme à côtés tombants.

Des annexes comprennent le calcul des charges que pourront remorquer les machines projetées sur diverses rampes, d'après les formules de la compagnie de Lyon, le calcul des charges de la locomotive proposée, avec celui de la dépense de vapeur, par M. Ledoux.

La quatrième partie comprend l'étude de la disposition des voies, bâtiments des stations et signaux, et enfin, la cinquième, l'étude d'un type de matériel roulant à voyageurs, pour la partie du réseau à courbes raides et fortes déclivités, savoir : voitures à trains articulés avec couloirs ou avec compartiments ordinaires.

Note sur la commande de la prise de vapeur du **frein à vide** sur les locomotives de la compagnie du Nord, par M. Sauvage, ingénieur des mines.

Note complémentaire sur le **planimètre d'Amsler**, par M. Thiré,

professeur à l'École des mines d'Ouro-Preto (Brésil). — C'est le complément d'une note du même auteur, publiée dans la première livraison de 1882 des *Annales des Mines*.

Formules analytiques relatives aux **lois de la richesse des filons** par M. Haton de La Goupillière, ingénieur en chef des mines. — Ces lois concernent la disposition relative de la stratification du terrain et des fractures qui l'ont affecté. Dans les variations d'allure de ces dernières, il y a lieu de distinguer leur direction, leur inclinaison et l'orientation de leur intersection par le plan des strates. Voici les principales de ces lois :

1° Les parties riches sont souvent orientées selon la direction du système statigraphique auquel se rapporte la fracture initiale du filon dans la région soumise à l'observation ;

2° Les parties les plus raides sont les plus riches ;

3° Les zones métallifères plongent souvent dans le même sens que le terrain ;

4° Les parties riches sont ordinairement encaissées par le terrain de dureté moyenne.

Note sur le **profil d'équilibre** des tractions mécaniques en rampe, par M. Haton de La Goupillière, ingénieur en chef des mines. — Il s'agit ici, dans le cas de la remonte de wagons chargés sur une rampe par un moteur fixe, de donner à la voie un profil en long tel que les variations de poids du câble soient compensées par des variations correspondantes dans la pente. L'auteur s'est proposé de donner une démonstration directe et simple d'une solution indiquée par le professeur von Hauer, de Leoben, solution qui donne pour profil la cycloïde.

Traitement du cuivre dans **l'appareil Bessemer**, par L. Gruner. — Voir pour cette question les comptes rendus de novembre 1882, page 517, Société d'Encouragement.

Discours prononcé aux funérailles de M. Huyot, ingénieur des mines, directeur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, par M. Léon Aucoc.

Les **accidents de grisou arrivés en Prusse** de 1861 à 1881, par M. Hasslacher, conseiller royal des mines à Berlin, extrait par M. G. Chesneau, ingénieur des mines.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

10e livraison de 1883.

État actuel de la théorie de la machine à vapeur et de sa confirmation expérimentale, par Ernest-A. Brauer.

Générateur Gröbe-Lürmann perfectionné, par Fritz Lürmann.

Chauffage et ventilation à l'exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin en 1883, par H. Fischer.

Mode de formation des sources, par O. Smreker.

Appareils de mesure, contrôle et enregistrement à l'exposition d'hygiène de Berlin, par A. Martens.

Mouvement de l'eau en cours libre, par M. Sasse.

Métallurgie de l'or et de l'argent.

Plaque tournante américaine pour locomotives.

Application du principe des vitesses virtuelles au calcul de la déformation des poutres métalliques.

Constructions métalliques à assemblages articulés.

Le polygone de déformation et son application au calcul graphique des poutres métalliques.

Pont en fer pour route sur le Gardon.

Viaduc de Kinzua.

Le nouveau pont de Blackfriars sur la Tamise, pour le chemin de fer London-Chatham-Dover.

Outil pour mandriner les tubes de chaudières de Revolton.

Tour et machine à percer de Bickford.

Richesses minérales de l'Annam et du Tonkin.

Bibliographie. — Note sur la fabrication du fer et des ponts métalliques de Mehrtens.

Guide pratique du constructeur de machines de Uhland.

Mécanique des chemins de fer. I. La locomotive, par G. Meyer.

Appareils d'épuisement et d'extraction du puits Bindweide, à Steinebach.

11e livraison de 1883.

Machines sans feu avec condenseur à soude de Honigmann, par A. Rieder.

Bateaux-portes, par Rudolf.

Chauffage et ventilation à l'exposition d'hygiène et de salubrité de Berlin en 1883, par H. Fischer.

Principales différences d'installation des forges anglaises et allemandes, par Fritz Lürmann.

Recherches calorimétriques sur la machine à vapeur, par F. Grashof.

Pompes.

Application du système Compound aux locomotives.

Théorie de la combinaison d'un arc avec une poutre droite.

Le pont de Tolbiac à Paris.

Pont de bateaux de Spandau.

État actuel de la construction des ponts, par Steiner.

Marche d'un haut fourneau avec de l'air chauffé à diverses températures, par F. Lürmann.

Machines à travailler le bois.

Éclairage électrique à Milan.

Nouvelle construction de l'Ellipse, par le Dr C. Rodenberg.

Préservation du fer de la rouille par l'oxydule.

Bibliographie. — Comparaison du transport électrique de la force avec les autres modes de transmission, par A. Beringer.

Des effets de la libre concurrence dans la construction des moteurs à gaz.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

TABLE DES MATIÈRES

Traitées dans la Chronique de 1883.

ABORDAGES (Moyen de prévenir les) en mer, avril, I, 584.
ABRIS pour la neige sur les chemins de fer du Pacifique, novembre, II, 578.
ACIER basique à l'Exposition d'Amsterdam, juillet, II, 136; — (Emploi de l') doux pour les foyers des locomotives, avril, I, 582; — (Arbres en), juillet, II, 139.
ALLEMAGNE (Production de la fonte brute en), juin, I, 849; — (Locomotives des chemins de fer d'), août, II, 249.
AMÉRICAINE (Locomotive) pour chemins de fer à voie étroite, novembre, II, 576.
ANGLAIS (Chemin de fer), octobre, II, 457.
ANVERS (Outillage des quais d'), septembre, II, 332; — (Machines des eaux d'), octobre, II, 461.
ARBRES en acier, juillet, II, 139.
ARLBERG (Tunnel de l'), novembre, II, 577.
AVANTAGES de l'uniformité dans le matériel roulant des chemins de fer, avril, I, 580.

BÉTON (Constructions en fer et), novembre, II, 565.
BRIQUES (Étanchéité des) à l'eau, juillet, II, 129.

CALES DE HALAGE pour navires, novembre, II, 574.
CHAUDIÈRES (Explosions de) de locomotives, juin, I, 848.
CHEMINS DE FER à voie étroite en Saxe, janvier, I, 133; — Sur routes et à crémaillère, janvier, I, 136; — (Avantages de l'uniformité dans le matériel roulant de), avril, I, 580; — (Vitesse des trains de) mai, I, 733; — (Résistances des trains de), mai, I, 737; — Le dimanche aux États-Unis, mai, I, 736; — à crémaillère, juin, I, 838; — Du Drachenfels, août, II, 244; — (Locomotives des) allemands, août, II, 249; — (Locomotives des) anglais, octobre, II, 457; — (Traverses de), octobre, II, 459; — (Abris pour la neige sur le) du Pacifique, novembre, II, 578.
CLASSIFICATION des éléments des mortiers, juin, I, 842.
COMMUNICATION (Développement des voies de) dans la Grande-Bretagne, janvier, I, 126; — février, I, 241; — mars, I, 448.
COMPOUND (Locomotives), août, II, 235.
CONCOURS pour l'utilisation de la force motrice du Rhône à Genève, février, I, 235.
CONDUITES d'eau de grand diamètre en tôle, juillet, II, 126; — décembre, II, 704.
CONGRÈS Suisse de la propriété industrielle, août, II, 249; — décembre, II, 705.
CONSTRUCTION en fer et béton, novembre, II, 565.
CRÉMAILLÈRE (Chemins de fer sur routes et à), janvier, I, 136; — (Chemins de fer à), juin, I, 838; — (Chemin de fer à) du Drachenfels, août, II, 244.

DÉPLACEMENT du phare de Sunderland, avril, I, 581.
DÉVELOPPEMENT des voies de communication dans la Grande-Bretagne, janvier, I, 126; février, I, 241; mars, I, 448; — De la navigation transatlantique, février, I, 248.
DIGUE de la Delaware, mars, I, 461.
DIMANCHE (Les trains du) aux États-Unis, mai, I, 736.
DISTANCE (Indicateurs de) pour locomotives, mars, I, 458.

EAU (Conduites d') de grand diamètre en tôle, juillet, II, 126; décembre, II, 704; — (Étanchéité des briques à l'), juillet, II, 129; — (Machines des) d'Anvers, octobre II, 461.
ÉCLAIRAGE (Moteurs pour l') électrique, juillet, II, 123.
ÉGOUTS de Berlin, août, II, 246.
ÉLECTRIQUE (Moteurs pour l'éclairage) juillet, II, 123.
ÉMIGRATION européenne aux États-Unis, septembre, II, 334.
EMPLOI du téléphone dans le canton de Zurich, février, I, 252; — de l'acier doux dans les foyers de locomotives, avril, I, 582.
ESSAI de machine à vapeur, mars, I, 456.
ÉTANCHÉITÉ des briques à l'eau, juillet, II, 129.
EXPLOSIONS de chaudières de locomotives, juin, I, 848.
EXPORTATION de rails d'Angleterre aux États-Unis, mars, I, 459.
EXPOSITION sanitaire de Berlin, juin, I, 839; — (L'acier basique à l') d'Amsterdam, juillet, II, 136.
EXTENSION de l'emploi du téléphone dans le canton de Zurich, février, I, 252.

FER (Construction en) et béton, novembre, II, 565.
FONTE (Production de la) brute en Allemagne, juin, I, 849.
FORCE (Concours pour l'utilisation de la) motrice du Rhône à Genève, février, I, 253; — (Utilisation des marées comme) motrice, juillet, II, 135; — (Des divers modes de transmission de) à distance, novembre, II, 568.
FOUDRE (Incendies allumés par la), octobre, II, 460.

GAZ (Origine des moteurs à), mars, I, 454; avril, I, 585.
GOTHARD (Le trafic du), mai, I, 740; octobre, II, 458.
GRAPHIQUE (La statique), février, I, 251.

INCENDIES à Londres, mars, I, 463; — allumés par la foudre, octobre, II, 460.
INDICATEUR de distance pour locomotives, mars, I, 458.
INDUSTRIE minérale en Suisse, juillet, II, 131.
INDUSTRIELLE (Congrès suisse de la propriété), août, II, 249; décembre, II, 705.

LOCOMOTIVES (Indicateur de distance pour), mars, I, 458; — (Emploi de l'acier doux dans les foyers de), avril, I, 582; — (Explosions de chaudières de), juin, I, 848; — Compound, août, II, 235; — des chemins de fer allemands, août, II, 249; — américaines pour chemins de fer à voie étroite, novembre, II, 576.

MACHINES (Essai de) à vapeur, mars, I, 456; — solaires, juillet, II, 137; — (Poids et dimensions des) marines, septembre, II, 324; octobre, II, 449; — des eaux d'Anvers, octobre, II, 461.

MARÉES (Utilisation des) comme force motrice, juillet, II, 135.
MATÉRIEL (Avantages de l'uniformité dans le) roulant des chemins de fer, avril, I, 580.
MINÉRALE (Industrie) en Suisse, juillet, II, 131.
MINES (Ventilation dans les), janvier, I, 137.
MORTIERS (Classification des éléments des), juin, I, 123.
MOTEURS (Origine des) à gaz, mars, I, 453 ; avril, I, 585 ; — pour l'éclairage électrique, juillet, II, 123 ; — à vent, septembre, II, 331 ; décembre, II, 703.
MOTRICE (Concours pour l'utilisation de la force) du Rhône à Genève, février, I, 253 ; — (Utilisation des marées comme force), juillet, II, 135 ; — (Des divers modes de transmission de force) à distance, novembre II, 568.
MOYENS de prévenir les abordages en mer, avril, I, 584.

NAVIGATION (Développement de la) transatlantique, février, I, 248 ; — du Rhône, avril, I, 574.
NAVIRES (Cales de halage pour), novembre, II, 574.
NEIGE (Abris pour la) sur le chemin de fer du Pacifique, novembre, II, 578.
NIAGARA (Nouveau pont sur le), juin, I, 838.

ORIGINE des moteurs à gaz, mars, I, 453, avril, I, 585.
OUTILLAGE des quais d'Anvers, septembre, I, 332.

PATENTES en Suède, juin, I, 841.
PÉTROLE en Russie, mai, I, 739.
PHARE (Déplacement du) de Sunderland, avril, I, 581.
PLOMB (Production du) dans le monde, juillet, II, 138.
POIDS et dimensions des machines marines, septembre, II, 324, octobre, II, 449.
PONT Alexandre à Saint-Pétersbourg, janvier, I, 138 ; — (Les plus grands) du monde, mai, I, 738 ; — suspendus, juin, I, 837 ; — (Nouveau) sur le Niagara, juin, I, 838 ; — de Brooklyn, septembre, II, 335 ; novembre, II, 577.
PROCÉDÉ Thomas et Gilchrist, mai, I, 743.
PRODUCTION de la fonte brute en Allemagne, juin, I, 849 ; — du plomb dans le monde, juillet, II, 138.
PROPRIÉTÉ (Congrès Suisse de la) industrielle, août, II, 249 ; décembre, II, 705.

RAILS (Exportation des) d'Angleterre aux États-Unis, mars, I, 459.
RÉSISTANCE des trains de chemins de fer, mai, I, 737.
RHONE (Navigation du), avril, I, 574 ; — (Concours pour l'utilisation de la force motrice du) à Genève, février, I, 253.
RUSSIE (Le pétrole en), mai, I, 739.

SANITAIRE (L'exposition) de Berlin, juin, I, 839.
SOLAIRES (Machines), juillet, II, 137,
STATIQUE graphique, février, I, 251.
STEAMERS transatlantiques, mai, I, 740, décembre, II, 705.
SUÈDE (Les patentes en), juin, I, 841.
SUISSE (Les télégraphes en), mai, I, 742 ; — (L'industrie minérale en), juillet, II, 131 ; — (Congrès) de la propriété industrielle, août, II, 249, décembre, II, 705.

TÉLÉGRAPHES en Suisse, mai, I, 742.
TÉLÉPHONES (Extension de l'emploi du) dans le canton de Zurich, février, I, 252.
THOMAS (Le procédé) et Gilchrist, mai, I, 742.
TRAFIC du Gothard, mai, I, 740, octobre, II, 458.
TRAINS (Vitesse des) de chemins de fer, mai, I, 733; — (Résistance de) de chemins de fer, mai, I, 737; — du dimanche aux États-Unis, mai, I, 736.
TOUAGE à chaîne sans fin, décembre, II, 698.
TRANSATLANTIQUE (Développement de la navigation), février, I, 248; — (Steamers), mai, I, 740, décembre, II, 705.
TRANSMISSION (Divers modes de) de force à distance, novembre, II, 568.
TRAVERSES de chemins de fer, octobre, II, 459.
TUNNEL de l'Arlberg, novembre, II, 577; — sous des fleuves, février, I, 249.

UTILISATION (Concours pour l') de la force motrice du Rhône à Genève, février, I, 253; — des marées comme force motrice, II, 135.

VAPEUR (Essai de machines à), mai, I, 456.
VENT (Moteurs à), septembre, II, 331; décembre, II, 703.
VITESSE des trains de chemins de fer, mai, I, 733
VOIE (Développement des) de communication dans la Grande-Bretagne, janvier, I, 126 février, I, 241; mars, I, 448; — (Locomotive américaine pour chemin de fer à) étroite, novembre, II, 576.

TABLE DES MATIÈRES

DU DEUXIÈME SEMESTRE — ANNÉE 1883

Ascenseurs hydrauliques pour canaux, par M. Seyrig (séance du 20 juillet). . . . . 29 et 392

Ascenseurs hydrauliques pour bateaux, système Edwin Clarck (notice sur l'), par M. Barrand 286

Brevets d'invention, *modèles, dessins et marques de fabriques et noms commerciaux* mémoire sur les), par M. Emile Barrault. 196

Bossoyeuse. *Machine* Dubois et François, permettant de supprimer la poudre pour l'exploitation des mines de charbon à grisou, par M. Clerc et note de M. Hanarte, analyse par M. A. Moreau, (séances des 19 octobre, 16 novembre, 7 décembre). . . . . 370, 434, 480, 592 et 629

Centenaire des frères Montgolfier, par M. Ivan Flachat 440

Chauffage des générateurs à vapeur, par M. Chancel (séance du 19 octobre). 371

Chemin de fer Métropolitain de Paris, par MM. Francq Mékarski Richard (séances des 6, 20 juillet, 3 août, 16 novembre). . 9, 33, 166 et 480

Chemin de fer à chaîne flottante des mines de fer de Dicido, par M. Brüll (séance du 2 novembre). . . . . 474 et 516

Chemins de fer Alpins (note sur la construction et l'exploitation des), par M. Desbrière. 557

Chronique de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, par M. Mallet . . . . . 123, 235, 324, 449, 565 et 732

Comptes rendus de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, par M. Mallet. . . . . 139, 251, 336, 462, 579 et 742

Constructions à adopter dans les régions volcaniques sujettes aux tremblements de terre, par M. Pesce (séance du 19 octobre) . . 378

Décorations françaises, *Légion d'Honneur* :

COMMANDEUR : M. Dietz Monnin.

OFFICIERS : M. Belleville.

CHEVALIERS : MM. Lemasson, Vigreux, Villard, Foulhoux, Garnier (Paul), Mathelin, Ménier (Gaston), Piat, Péligot, Grimault, Dru (Léon).

Officiers d'Académie : M. Mouchelet.

Officiers de l'Instruction publique : MM. Chalain, Coutureau, Max de Nansouty, Paul Garnier, Herscher Ernest.

Décorations étrangères :

Autriche. — *Ordre de la Couronne de fer :* Chevalier, M. Eiffel.

Bavière. — *Ordre Royal de Saint-Michel :* Officier, M. Piccoli.

Belgique. — *Ordre de Léopold :* Chevalier, M. Carez.

Espagne. — *Ordre de Charles III :* Commandeur, M. Huguet.

Turquie. — *Ordre du Medjidié :* Officier, M. Raffard.

(Séances des 6 et 20 juillet, 3 août, 5 et 19 octobre, 2 et 16 novembre et 21 décembre). . . . . 1, 27, 147, 350, 368, 473, 479 et 625

Décès : MM. Arnoult, Daret-Derville, Demeule, Daveluy, Alquié, Bergeron, Chobrzynski, Crétin, Garcia, de Arana, Thibault, Niaudet, Verdavaine, Tronchon, Breguet, Daburon, Ellis, Closson, W. Siemens, Mirecki (séances des 6 et 20 juillet, 5 et 19 octobre, 2 et 16 novembre, 7 et 21 décembre) . . . . . 1, 27, 350, 368, 473, 479, 591 et 625

Discours prononcés sur la tombe de MM. Chobrzynski et Yvon Villarceau, par MM. Ferdinand Mathias, le colonel Perrier, Faye, Tisserand, Marché et de Comberousse . . . . . 366 et 718

Durcissement des pierres calcaires tendres *au moyen des fluosilicates à base d'oxydes insolubles*, par MM. Faure et L. Kessler 120

Élection des membres du bureau et du Comité (séance du 21 décembre). 628

Enclenchement du monde animal (l'), par M. Albert Gaudry. Compte rendu par M. Javal. 316

Études géologiques et travaux d'excavation *entrepris en France et en Angleterre en vue de l'exécution d'un chemin de fer sous la Manche* (résumé historique des), par M. Daniel Colladon 74

Excursions en Belgique et en Hollande (séance du 5 octobre). 257, 352 et 681

Exposition de Zurich, par MM. Parisse et Mallet (séances des 3 août et 5 octobre). . . . . 154 et 349

Exposition austro-hongroise à Buda-Pest (séance du 5 octobre). . . 350

Fer et acier dans les petits échantillons (procédé pour distinguer le), par M. Walrand (séance du 7 décembre). 593

Freins à vide automatique et non automatique, par M. Poupard (séance du 2 novembre) 473

Générateur *système Dulac* (essai d'un), compte rendu par M. Brüll (séance du 3 août). 148

Machines du transatlantique « la Normandie », demande de M. Quéruel (séance du 16 novembre). 479

Maçonneries asphaltiques, par M. Léon Malo (séance du 5 octobre). . . . . 357 et 381

Mer Intérieure, par MM. Hauet et le commandant Roudaire (séances des 20 juillet, 16 novembre et 7 décembre). . . . . 32, 110, 482, 484 et 595

Notice nécrologique sur M. Alquié, par M. Contamin 443

Notice nécrologique sur Arnoult (Pierre-Marie-Gustave), par M. Auguste Moreau. 447

Notice nécrologique sur M. Mirecki, par M. Cossmann 716

Paquebot « la Normandie » (appareil moteur du), note par M. Audenet. 66

Poutres libres sur glissières et sur rouleaux en fonte (Frottement des), par M. Périssé (séance du 5 octobre). 358

Situation financière de la Société (séance du 21 décembre) 625

Statique, *principales applications du principe des vitesses virtuelles*, par M. Piarron de Mondésir . . . . . 221 et 416

Verre (Emploi de l'air comprimé mécaniquement pour le soufflage du), par M. Appert (séance du 19 octobre). . . . . 368 et 416

Vitesses virtuelles (Mémoire sur le principe des), par M. Piarron de Mondésir . . . . . 1 et 221

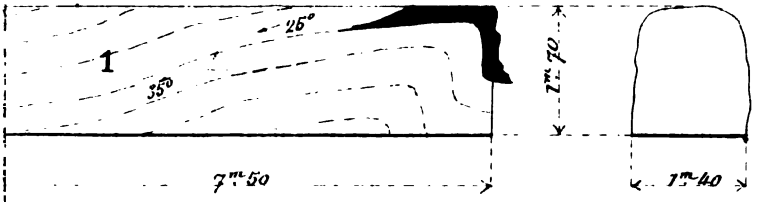
Voie permanente des chemins de fer (Réforme de la), par M. Ch. Bergeron. 261

Voyage au Havre (troisième et quatrième séances des 31 mars et 1er avril). . . . . 43 et 59

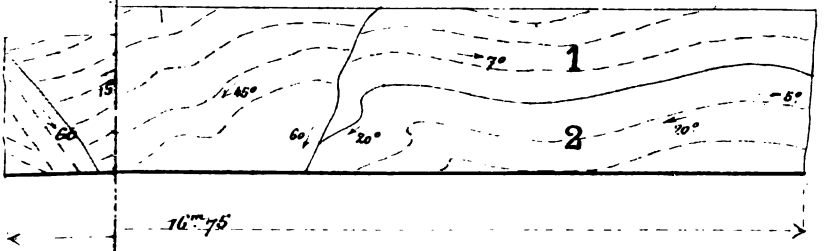
PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

vail

Bacnure montante

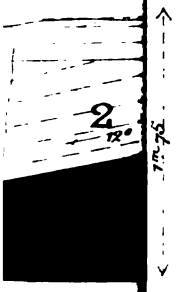


cha à 512m



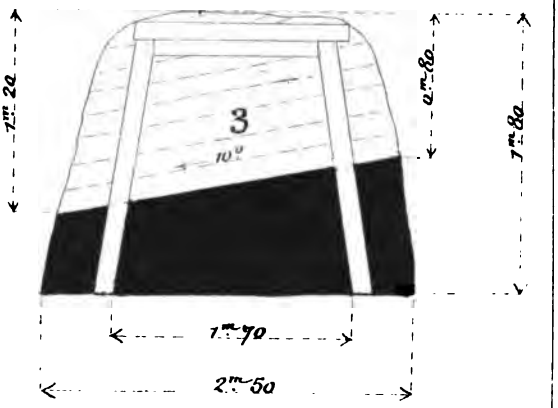
ment de voie).

Avance



Bossoyement de Castagnette (2ème Taussevoie).

Avancement: 20m.



4215.

1883

s nouveaux murs de quai.

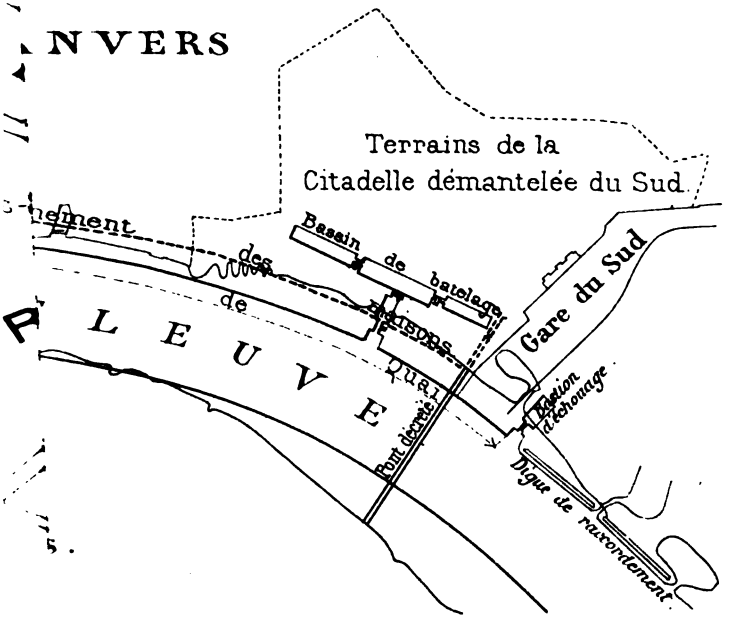
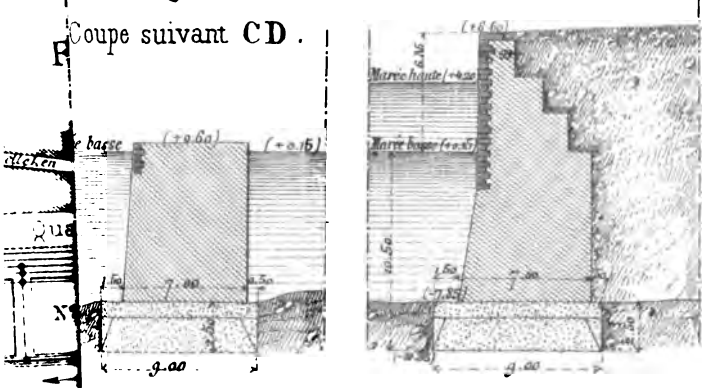


Fig. 7.
Coupe transversale.

Fig. 6.
Coupe suivant CD.



3586.
Auto.-Imp. A. Broise & Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.